

Hand- und Lehr-Buch der Naturlehre

zum Gebrauche für Vorlesungen und zum eignen Studium

neu entworfen

von

Dr. Georg Gottlieb Schmidt,

Professor der Mathematik und Physik zu Gießen, des Großherzoglichen Hessischen Haus- und Verdienst-Ordens Ritter, der K. Societät der Wissenschaften zu Göttingen, der K. Akademie der Wissenschaften zu München, so wie mehrerer andern gelehrten Gesellschaften Correspondent und Mitglied.

Mit 13 Kupfertafeln.

Gießen 1826.

Druck und Verlag von Georg Friedrich Heyer.

D.

Vorrede.

Da die raschen Fortschritte der Naturlehre seit der letzten Ausgabe meines Handbuches eine neue Bearbeitung desselben nothwendig machten, so wurde diese mit Zustimmung des Herrn Verlegers von dem Verfasser unternommen. Der Plan und die Anordnung des frühern Handbuchs sind beibehalten, dagegen die verwickeltern mathematischen Rechnungen weggelassen, und alles ist so gemeinfaßlich dargestellet worden, als es die Natur der Sache erlaubte, ohne der Gründlichkeit und dem wissenschaftlichen Vortrage zu viel zu vergeben. Den chemischen Theil habe ich kürzer gefasset, um für die eigentlich physikalischen Lehren mehr Raum zu gewinnen, und auch die nützlichsten Anwendungen derselben kurz berühren zu können. Ich hoffe durch diese Darstellungweise nicht blos dem Lehrer einen Leitfaden, woran er noch mehr knüpfen kann, sondern auch demjenigen, welcher die Wissenschaft für sich studiren will, ein brauchbares Handbuch geliefert zu haben.

Solchen welche bereits ein systematisches Werk über die Physik studiret haben, und sich über einzelne Gegenstände derselben weiter unterrichten wollen, ist Gehler's physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Munke, Pfaff zu empfehlen. Ob man gleich in einem Lehrbuche keine Erweiterungen der Wissenschaften zu erwarten hat, so will ich doch für Kenner nicht unbemerkt lassen, daß sie in der Verzeichnungsart der Scalen für die Aräometer, so wie in den Versuchen und in der Theorie über den Zug der Luft in den Kaminen, eine Ergänzung zu dem, was ich früher über ähnliche Gegenstände bekannt gemacht habe, finden werden.

Gießen im Junius 1826.

Dr. G. G. Schmidt.

Inhaltsverzeichniß.

Seite.

Seite

Einleitung.

I.

Die Physik oder Naturlehre ist die Wissenschaft von den Körpern und ihren Eigenschaften, deren Inbegriff die Sinnenwelt heißt.

Da wir die Eigenschaften der Körper nur aus ihrer Wechselwirkung auf einander und den dadurch hervorgebrachten Veränderungen wahrnehmen, diese aber sich dem Beobachter nicht immer von selbst darbieten, sondern öfters erst durch den Versuch (experimentum) hervorgebracht werden müssen, so entstand daher der Name Experimentalphysik.

Daß die Naturlehre in der vorbestimmten Bedeutung des Wortes eine Erfahrungswissenschaft sey, bedarf keines Beweises. Dem ungeachtet kann sie die Speculation, das ist eine auf Vernunftgründe sich stützende Untersuchung nicht entbehren; denn was hülfen uns alle Erfahrungen, wenn der Verstand sie nicht zu ordnen und zu vergleichen, von dem Besondern zum Allgemeinen, von der Wirkung zur Ursache sich zu erheben wüßte!

II.

Die Physik oder allgemeine Körperlehre ist eine Wissenschaft von sehr großem Umfange. Selten ist es einem Sterblichen vergönnet, alle Theile derselben mit gleicher Geisteskraft aufzufassen, und mit klarem Blicke zu über-

schauen. Daher hat man die allgemeine Körperlehre in mehrere einzelne Wissenschaften zertheilet. Das Folgende dienet zum Ueberblick derselben.

III.

Die Erscheinungen, welche wir durch unsre Sinnen an den Körpern wahrnehmen, sind theils mehr bleibende, theils vorübergehende. Der ersteren bedienet sich vorzüglich der beschreibende Theil der Naturlehre, die Naturgeschichte, um die große Menge von Körpern unter gewisse Classen, Ordnungen, Arten und Unterarten zu bringen. Die Naturlehre, im Gegensatz von der Naturgeschichte, beschäftiget sich mit den Veränderungen, welche unter den Körpern vorgehen, sucht ihre Gesetze auf, und soweit es möglich ist ihre Ursachen zu ergründen. Die Naturgesetze sind entweder allgemein gültige, oder nur auf besondere Classen von Körpern anwendbare; die Betrachtung der erstern gehöret im eigentlichsten Sinne für die Physik. Mit der Betrachtung derjenigen Naturgesetze, welche nur für die belebten Körper, im Zustande des Lebens, gelten, beschäftiget sich die Physiologie, Biologie und der theoretische Theil der Heilkunde.

Die Besondere Untersuchung der organischen und unorganischen Körper in Hinsicht ihrer verschiedenartigen Bestandtheile und des wechselseitigen Einflusses welchen diese Bestandtheile auf einander ausüben; oder mit andern Worten, die Zerlegung der zusammengesetzten Körper in ihre einfachen Grundstoffe, und die Wiederzusammensetzung der Körper aus ihren Elementen (so weit dieß in unsrer Macht steht) gehöret für die Chemie.

So nach blieb für die Physik im engern Sinne des Wortes die Aufsuchung der in den Körpern mehr und we-

niger allgemein wirkenden Naturkräfte, und die Feststellung ihrer Gesetze übrig.

Geschiehet dieß durch Beobachtungen und Versuche an den zunächst auf unsrer Erde befindlichen Körpern, so ist dieß Experimentalphysik im eigentlichsten Sinne; geschieht es durch Beobachtung der Erscheinungen die sich im Weltraume zutragen, so ist es Physik des Himmels — Astronomie.

Betrachten wir die Veränderungen welche sich mit den Körpern zutragen genauer, so werden wir gewahr, daß dieselben sich entweder auf Aenderungen der Lage gegen andere Körper im Raume (Bewegung) oder auf Aenderungen des innern Zustandes der Körper (Eigenschaftswandlung) beziehen. Sonach könnte man die ganze Naturlehre in einen mechanischen und chemischen Theil zerfällen, welche sich indessen schwer ganz von einander trennen lassen. Denn es giebt viele Erscheinungen, wobey das mechanische mit dem chemischen so verknüpfet ist, daß keins ohne das Andere wohl begriffen werden kann. Ich darf hierbey nur auf die neuesten Entdeckungen in der Lehre von dem Lichte der Electricität und dem Magnetismus hinweisen.

Wir glauben durch das eben Gesagte die Gränzen der einzelnen Theile der allgemeinen Naturlehre soweit festgestellet zu haben, als es überhaupt bey willkührlich von Menschen geschaffenen Eintheilungen möglich ist. So gehöret zum Beyspiel die Betrachtung der allgemeinen Verwandtschaftsgesetzen, wonach der Chemiker seine Arbeiten einrichten muß, allerdings zur Physik, die Untersuchung aber der einfachen und zusammengesetzten Körper und ihrer Eigenschaften in die Chemie.

Das was man unter dem Namen der physisch angewandten Mathematik vorzutragen pflegt, sind nichts als einzelne Theile der Physik, die sich nur durch die mathematische Form des Vortrages, von dem gewöhnlichen Vortrage der Physik unterscheiden. Ein gründliches Studium der Physik ist ohne Mathematik nicht wohl möglich, weil sich die einigermaaßen verwickelten Gesetze die Erscheinungen, und der Folgen welche sich aus ihnen ziehen lassen, meistens ohne Rechnung nicht ergeben.

Zunächst kann der Naturforscher nur mit Körpern auf der

Erde Versuche anstellen, man glaube aber nicht, daß das was hierdurch gefunden wird immer nur auf unsern Erdball eingeschränkt sey. Galiläi experimentirte mit irdischen Körpern, um die Gesetze des Falles können zu lernen. Kepler und Newton lehrten uns, daß dieselbe Kraft sich durch den Weltraum verbreitet.

Ueberhaupt trenne man die einzelnen Theile der Naturlehre nicht mehr, als nöthig ist, um sie genau zu erforschen. Wir würden die Gesetze der Bewegung des Lichts nur unvollkommen wissen, wenn uns nicht die Astronomie durch die Berechnungen und Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten die Mittel zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Licht's gegeben hätten.

Umgekehrt hat uns das Studium der Brechung der Lichtstrahlen an irdischen Körpern die Werkzeuge geschaffen, womit wir die unendlichen Räume des Himmels durchschauen.

IV.

Den wahren Ursprung der Experimentalphysik müssen wir in die Zeiten der Wiederauflebung der Wissenschaften nach dem Mittelalter setzen.

Das Folgende bezeichnet nur einige Hauptmomente, Männer und Entdeckungen, wodurch die Wissenschaft seit jener Zeit bis auf die unsrige erweitert worden ist. Zuerst wurde der näher mit der Mathematik verwandte mechanische Theil der Naturlehre, die Astronomie, die Optik und Mechanik ausgebildet.

Nicolaus Copernicus, Gründer des wahren Weltsystems (geb. 1472 gest. 1543). Tycho Brahe (1546—1601) ein vortrefflicher praktischer Astronom, welchem man die beßten Beobachtungen vor Erfindung der Fernröhre verdankt. Franz Baco von Verulam (1560—1626) einer der geistreichsten Naturforscher seiner Zeit. Erfindung der Fernröhren durch die Holländer (1610). Als zweiter Erfinder muß angesehen werden Galiläi (1564—1641) der sich übrigens durch mehrere Entdeckungen berühmt gemacht hat,

wovon wir nur auszeichnen, die den blosen Augen unsichtbaren Flecken des Mondes, die Trabanten des Jupiters (zugleich mit Simon Marius), die Gesetze des Falles schwerer Körper. Joh. Kepler (1571—1630) Erfinder der drei berühmten, von ihm benannten Gesetze über die Bewegung der Planeten in elliptischen Bahnen um die Sonne, wodurch der Grund zur physischen Astronomie gelegt wurde. Renat des Cartes (1596—1650) ein scharfsinniger Philosoph, Mathematiker und Physiker; seine Theorie der Wirbel, wodurch er die Erscheinungen der Schwere zu erklären suchte, mußte Newtons Lehre von der Gravitation weichen.

Evangelista Toricelli (1618—1647) Entdecker des Barometers. Otto Guericke (1602—1686) Erfinder der Luftpumpe. Der Entdeckung dieser beiden Werkzeuge verdankt die Physik ausserordentlich viel; durch sie haben wir zuerst die Elasticität und Schwere der Luft kennen gelernt, und eine richtige Einsicht von der Natur und Beschaffenheit der elastischen Flüssigkeiten überhaupt erhalten. Robert Boyle ein scharfsinniger englischer Physiker des 17ten Jahrhunderts (1626—1691) der indessen an wichtigen Entdeckungen noch übertroffen wurde von Huyghens (1624—1695). Diesen verdanken wir die vollkommene Theorie des Pendels, und die Anwendung desselben auf die Regulirung der Uhren, wodurch die praktische Astronomie so viel gewonnen hat. Ausserdem ist Huyghens Name durch mehrere wichtige Entdeckungen in der Geschichte der Astronomie und der ihr verwandten Wissenschaften berühmt, wovon wir nur die Entdeckung des Rings vom Saturn und eines seiner Trabanten und die Vervollkommnung der Theorie der Fernröhre nennen wollen. Erfindung des Infinitesimalcalculs und große Erweiterung der Naturlehre durch denselben. Isaac New-

ton (1642 — 1727) und Gottfried Wilhelm Leibnitz (1646 — 1716). Newtons größtes Verdienst um die Physik, ist die Entdeckung von der allgemeinen Anziehung oder Gravitation, wodurch er die von Kepler entdeckten Gesetze der elliptischen Bewegungen der Planeten vollständig erklärte, und zugleich den Grund zur Erklärung aller übrigen Bewegungen am Himmel legte. Hierdurch wurde eine Wissenschaft, die physische Astronomie gegründet, welche durch die größten Mathematiker des 18ten Jahrhunderts, Euler, La Grange, La Place immer weiter ausgebildet, und besonders durch Letzteren in seiner Mechanik des Himmels in einer Vollendung dargestellet worden ist, wie keine andere Wissenschaft sich rühmen kann. Zugleich mit dem theoretischen Theil der Naturlehre schritt der praktische in gleichem Maaße vor, durch Erfindung neuer Werkzeuge und durch Verbesserung der bereits vorhandnen. Wir erwähnen hier nur kurz, die Erfindung des Mikroscops, der reflectirenden Telescope, des Thermometers, der achromatischen Fernröhren, die Verbindung derselben mit den astronomischen Winkelmessern, und die große Vervollkommnung dieser selbst in den neuern Zeiten. Erfreulich ist es für den Deutschen, daß hierin seine Nation keiner andern nachsteht.

V.

Der chemische Theil der Naturlehre verdankt seine erste wissenschaftliche Begründung zweien deutschen Naturforschern Becher und Stahl. Die berühmte Lehre von Stahl's Phlogiston darf nicht der Vergessenheit übergeben werden. Durch sie (nämlich die Vorstellung, von einem feinen sich unsren Sinnen entziehenden Stoffe, welcher mit gröbern Körpern in Verbindung tretend deren Eigenschaf-

ten auf mannigfache Weise modificire, in seiner ursprünglichen Gestalt aber die Erscheinungen des Feuer und Lichts erzeuge) erhielten die chemischen Auflösungen und Verbindungen, namentlich aber die verschiedenen metallischen Processe eine Einheit der Erklärungsart, welche den Kenntnissen der damaligen Zeit angemessen war, und von allen Chemikern zu Anfang und bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit allgemeinem Beyfall aufgenommen wurde. Erst nach der Entdeckung der verschiedenen Gasarten, besonders des Sauerstoffgases durch Scheele und Priestley im Jahre 1774 gelang es Lavoisier's Scharfsinne durch eine Reihe gut durchgeführter Versuche über die Verbrennung der Metalle, des Phosphors, des Schwefel's, der Kohle in diesem Gase und der atmosphärischen Luft, nachzuweisen, daß während des Verbrennens ein wägbarer Stoff aus der Luft sich ausscheidet, mit dem brennbaren Körper sich vereiniget, und diesen bald in eine Säure, bald in ein Oxyd verwandelt. Lavoisier gab diesem Stoffe, da er ihn als das Säure erzeugende Princip ansah, den Namen Oxygen und erklärte die meisten chemischen Processe, die man nach dem ältern System als eine Ausscheidung des Phlogiston ansah, durch den Zutritt des Sauerstoff's. Daher der Name antiphlogistisches System. Lavoisier's Lehre erhielt eine große Stütze, und ihre eigentliche Ergänzung durch die von Cavendisch entdeckte Zusammensetzung des Wassers aus Sauerstoff, und einer brennbaren Grundlage, welcher man seit der Zeit den Namen Wasserstoff beylegte. Lovoisier's Verdienst um die Chemie besteht nicht blos in der Aufstellung seines mit so allgemeinem Beyfall aufgenommene Systems, sondern auch darin, daß er die Kunst chemische Versuche anzustellen zu einer weit größern Vollkommenheit brachte, indem er den Grund

zu der genaueren Messung und Wägung der feinen flüchtigen Gase legte, denen vorzüglich die Chemie in den neuesten Zeiten ihre großen Fortschritte verdankt.

VI.

Lavoisier ging, indem er alles was sich nicht durch die Wage zu erkennen gebe aus der Chemie verbannt wissen wollte, wohl zu weit. Vielleicht wären seinem großen Scharfsinn manche Entdeckungen der spätern Zeit nicht entgangen, hätte er sich mit demselben Eifer auf das Studium der elektrischen Erscheinungen geleget, mit welchem er sich der Erforschung der gasförmigen Flüssigkeiten hingab.

Dieß führt uns auf die wichtigsten Entdeckungen der neuesten Zeit.

Von der wunderbaren Kraft, die wir mit dem Namen der Elektricität bezeichnen, wußte man zu Anfang des vorigen Jahrhundert's nicht viel mehr, als die Griechen vor ein Paar tausend Jahren, d. i. man kannte einige elektrische Bewegungen, Anziehungen und Abstoßungen leichter Körper, und den elektrischen Funken. Erst nach der Entdeckung der entgegengesetzten Elektricitäten durch Du Fay, der Verbesserung der drehbaren Elektrisirmaschinen durch Hausen, Winkler, Nollet und Andere, vorzüglich durch die Entdeckung der verstärkten Elektricität mit Hülfe der leidner Flasche (1745), wurde man immer mehr von der Aehnlichkeit des durch die Kunst erregten elektrischen Funkens und den furchtbaren Wirkungen des Blitzes überzeugt. Fränklin erhob diese Lehre zur Gewißheit und gab uns die Gewitterableiter, zugleich ersann er mit ungemeinem Scharfsinn eine Hypothese über die Ursache der elektrischen Erscheinungen, welche noch jetzt viele Anhänger unter den Naturforschern zählet. Ob nun gleich seit Fränk-

lin's Zeiten die elektrischen Apparate sehr verbessert, vervielfältiget, auch manche neue Erscheinungen entdeckt worden sind, so schien doch die ganze Lehre von der Elektricität, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zu einem gewissen Stillstand gekommen zu seyn, und gleichsam ein abgeschlossenes für sich bestehendes Capitel der Naturlehre zu bilden. Die Entdeckung Galvani's von der durch ihn sogenannten thierischen Elektricität eröffnete der Forschung ein neues Feld, das jedoch erst dann anfing reichliche Ausbeute zu liefern, als Volta die Identität der galvanischen Elektricität mit der durch Reibung erregten bestimmt nachgewiesen hatte, und durch die Entdeckung seiner Säule diese Erregungsart der Elektricität eben so verstärken lehrte, wie es der leidner Versuch in Beziehung auf die Maschinenelektricität gethan hatte. Jetzt häufen sich die Entdeckungen im chemischen Theil der Naturlehre mit Hülfe der voltaischen Säule in dem kurzen Zeitraum eines Viertel Jahrhunderts so sehr, daß hier sie einzeln anzuführen der Raum verbietet. Doch dürfen wir die berühmte Entdeckung Davy's von der Zerlegung der Alkalien und die Auffindung ihrer metallischen Grundlagen nicht verschweigen, wodurch die Lehre von den chemisch einfachen Stoffen eben so sehr, als durch die Entdeckung des Sauerstoffes und die Zusammensetzung des Wassers verändert worden ist. Immer wichtiger in theoretischer Hinsicht, und durch die neuesten elektrochemischen Versuche sich immer mehr bestättigend, scheinet die von Davy und Berzelius aufgestellte Hypothese über die Ursache der chemischen Anziehungen, das sogenannte eleсktrochemische System, zu werden. Schließlich müssen wir Oerstädts Entdeckungen über den Zusammenhang der Elektricität und des Magnetismus erwähnen; wie viel sich daran knüpft haben bereits die For-

schungen weniger Jahre bewiesen, und wer vermag voraus-zusagen, was sich noch alles daran reihen werde?

VII.

Den Nutzen der Physik braucht man niemand zu demonstriren; er ist für sich klar wie die Sonne. Das Folgende soll nur dazu dienen, junge Freunde der Natur darauf hinzuweisen, wie aus einfachen physikalischen Wahrheiten, wichtige Erfindungen hervorgiengen, die oft nicht blos für die Wissenschaft, sondern für die menschliche Gesellschaft überhaupt die herrlichsten Früchte trugen. Auf dem hydrostatischen Satz von dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten in zusammenhängenden Röhren beruhen unsre Wasserleitungen durch Röhrenfahrten, die Pumpenwerke aller Art, die Mittel den Rauch und die schädlichen Dämpfe aus unsern Wohnungen abzuleiten, Brahma's und Real's hydrostatische Pressen u. s. w.

Das Barometer gab uns eine auf vernünftige Gründe gestützte Witterungskündigung, besonders dem Seefahrer ein untrügliches Kennzeichen des herannahenden Sturmes, und dem Geographen das sicherste Mittel die Höhen auf der Oberfläche der Erde zu bestimmen.

Nicht minder wohlthätig war die Erfindung des Thermometers, welches uns die Temperaturen auf der Oberfläche der Erde, im Wasser und in der Luft kennen lernte. Beide physikalische Werkzeuge verbunden lehrte uns die Kraft der Dämpfe messen, und ihre Kenntniß führte zu den mit Recht so bewunderten Dampfmaschinen. Als Priestley und Scheele den glimmenden Tocht in dem Sauerstoffgas sich wieder entzünden sahen, ahndeten sie vielleicht nicht, daß diese Flamme die Wissenschaft erhellen, und einen großen Theil der Naturlehre umgestaltet würde. Fränklin's elektrische Versuche sah

vielleicht Mancher seiner Zeitgenossen nur für physikalische Spielereien an, und doch verdanken wir ihnen die Wetter- und Hagel-Ableiter.

Den formellen Nutzen, d. i. Bildung des Geistes und Richtung desselben nach einem edelen Gegenstande, hat zwar die Physik mit jeder andern Wissenschaft gemein; welche aber, fragen wir jeden Unbefangenen, zieht mehr an, als das Studium der Natur und ihrer Gesetze, die uns überall den unendlich weisen Urheber derselben verkündigen?

Unter den vielen Lehrbüchern über die Physik, welche in neuern Zeiten erschienen sind, zeichnen wir die folgenden um so mehr aus, da wir sie bey der Ausarbeitung dieses Buches benutzet haben.

Anfangsgründe der Naturlehre zum Gebrauche für academische Vorlesungen von G. W. Munke. Heidelberg 1819.

Anfangsgründe der Naturlehre zum Behuf der Vorlesungen über die Experimental-Physik von Joh. Tob. Mayer. Göttingen 1820.

Grundriß der theoretischen Physik von G. Fr. Parrot. Riga u. Leipzig 1809—15.

Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung dargestellt, von Andreas Baumgärtner. Wien 1824.

Anfangsgründe der Naturlehre von Gerh. Ulr. Ant. Vieth. Leipzig 1823.

Lehrbuch der Experimental-Physik von J. B. Biot übersetzt von M. G. Theod. Fechner. Leipzig 1824.

Erster Abschnitt.

Von den allgemeinen Eigenschaften der Körper und den verschiedenen Formen der Materie.

§. 1.

Allgemeine Eigenschaften der Körper im strengen Sinne des Wort's heißen solche, deren Daseyn so wesentlich mit unserer Vorstellung von den Körpern verknüpfet ist, daß der Begriff vom Körper wegfallen würde, wenn wir uns jene Eigenschaften wegdächten.

Hierher zählen wir blos die Ausdehnung, das Begränztseyn und die davon abhängende Gestaltung, die Undurchdringlichkeit, Trägheit und Beweglichkeit der Materie. Alle übrige sogenannte allgemeine Eigenschaften der Körper als Elasticität, Schwere und dergleichen sind nur in sofern allgemeine zu nennen, als wir sie vermöge der Erfahrung überall, oder bey den meisten Körpern wahrgenommen haben.

§. 2.

Jeder Körper nimmt einen Raum ein und ist begränzt, daher kommt ihm Größe und Gestalt zu.

Größe und Gestalt hat der physische Körper mit dem mathematischen gemein; durch alles Uebrige unterscheidet er sich von demselben. Der Mathematiker kann den Körpern in

Gedanken unendlich vielerley Gestalten zuschreiben, daher ist die mathematische Formenlehre unerschöpflich. Die Natur aber zeiget bey der großen Mannigfaltigkeit ihrer Gebilde eine eben so große Einfachheit in der Zusammensetzung derselben. Belehrende und zugleich unterhaltende Belege dieses Satzes geben die mikroscopischen Beobachtungen kleiner Insekten und einzelner Theile von größern, als ihrer Füße, Flügel, Fühlhörner, Freßwerkzeuge und dergl.

Was dem blosen Auge seiner Kleinheit wegen als formloser Staub erscheinet, kommt unter einer hinlänglichen Vergrößerung in regelmäßigen Gestalten hervor. Z. B. der farbige Staub welcher die Flügel der Schmetterlinge deckt, als kleine Schuppen oder Panzer; der Blüthenstaub der Pflanzen bald als runde, bald als ovale Kügelchen, bald als Polyäeder.

Die feinen Queer- und Längenschnitte einjähriger Pflanzen, oder Zweigen von holzartigen Gewächsen unter dem Mikroscop betrachtet, zeigen eine große Regelmäßigkeit in Anordnung der Längen-Spiral- und Quergefäße, so wie in der Vertheilung der Poren.

Aber auch bey den unorganischen Körpern erkennet man das Streben der Natur nach Regelmäßigkeit in den Krystallen. Man bringe einen Tropfen einer Salzauflösung, z. B. von Kochsalz, Alaun, oder Salpeter auf einem unten schwarz gefärbten Glase unter das zusammengesetzte Mikroscop, oder auf einem durchsichtigen Glase unter das Sonnenmikroscop; so wie der Tropfen verdunstet, wird man Krystalle entstehen sehen, welche bey dem Kochsalz kleine Würfel, bey dem Alaun Octaeder, bey dem Salpeter kleine platte gestreifte Säulen darstellen *).

*) Der sogenannte Metallmohr ist nichts anders als die natürliche Krystallisation des Zinnes, welche durch die Wirkung der Säure auf die Oberfläche des Metalles sichtbar wird. Giebt es eine unkrystallisirbare Materie?

§. 3.

Die Krystallen, welche uns die Natur darbietet, zeigen merkwürdige Bildungsgesetze, auf welche Hauy zuerst aufmerksam gemacht hat.

Wenn man einen Krystall genau beobachtet, so wird man gewisse Absonderungs- oder Durchgangs-Flächen gewahr, nach welcher sich derselbe leichter als nach jeder an-

dern Richtung trennen lässet, wobey die Trennungsflächen glänzend und glatt erscheinen. Nimmt man die Trennung nach den verschiedenen Richtungen der Durchgangsflächen wirklich vor, so ändert sich meistens die ursprüngliche Gestalt des Krystalles, bis man durch fortgesetzte Theilung endlich auf eine solche Gestalt kommt, worin die Durchgangsflächen parallel laufen. Diese Form nennet Hauy die Kerngestalt, die ursprüngliche aber die secundaire oder abgeleitete Gestalt des Krystalles. Denkt man sich die Trennung in dem Kern weiter fortgesetzet (wobey die getrennten Theilchen unter sich und dem Ganzen ähnlich bleiben) bis man auf verschwindend kleine Theilchen kommt, die man gleichsam als die Elemente des Krystalles betrachten kann, so erhält man das, was Hauy Integraltheilchen (molecules integrantes) der Krystalle nennet. Nun zeiget Hauy durch geometrische Construction und Rechnung, wie aus sehr wenigen Grundgestalten durch Auflagerung der integrirenden Theilchen, nach bestimmten Gesetzen der Ab- und Zu-Nahme eine große Menge von secundairen Gestalten hervorgehe, deren Seiten und Winkel gerade die Gestalt und Größe haben, wie sie uns die natürlichen Krystallgebilde offenbaren. Grundgestalten sind nach Hauy nur die sechs folgenden: das Tetraeder, das Parallelepipedum, das Oktaeder, das sechsseitige Prisma, das Rautendodekaeder und das Triangulardodekaeder.

Der letzte Grund der einfachen Gestalten bleibt unerklärlich, wohl aber mag die regelmäßige Anordnung der kleinsten Theilchen zu größern Gestalten nach bestimmten Gesetzen in einer elektrisch-magnetischen Anziehung nach bestimmten Richtungen gesucht werden. Hiervon das Weitere in der Lehre von der Elektricität. Die äussern Bedingungen zur Krystallisation sind: hohe Verschiebbarkeit

der einzelnen Theilchen, daher Flüssigkeit, und ein langsames Uebertretten aus der Flüssigkeit zur Festigkeit, wobey die polaren Anziehungen ungestöhret wirken können.

Hauy glaubte durch die Erfahrung den Satz bewiesen zu haben, daß einerlei Grundgestalt bey den Krystallen gleiche chemische Zusammensetzung, und umgekehrt diese jene bedinge. Dieser Satz ist von Mitscherlich aus andern Erfahrungsgründen über die Krystallisation der phosphorsauren und arseniksauren Salzen stark bestritten worden. Dagegen stellet Mitscherlich den Satz auf: gleiche Grundgestalt der Krystalle bedinget ein ähnliches chemisches Verhältniß, aber nicht absolute Gleichheit der Bestandtheile. (Isomorphe Stoffe.)

Es ist merkwürdig, daß zusammengesetzte Salze, deren einzelne Bestandtheile eine verschiedene Krystallisationsform haben, bey ihrer Krystallisation oft der Form desjenigen Bestandtheiles folgen, der in geringerer Menge vorhanden ist. Z. B. Zinkvitriol mit 1/8 Kupfervitriol gemischet, krystallisiret wie Kupfervitriol. Man schreibt dann dem einen Bestandtheil eine größere Krystallisationskraft zu. Mitscherlich sucht diese Erscheinung auf die Menge des Krystallwassers zurückzuführen, indem er denjenigen Krystallen gleiche Gestalt zuschreibt, die fähig sind eine gleiche Menge von Krystallisationswasser als Bestandtheil in sich aufzunehmen*).

*) Hauy's Theorie von der Structur der Krystalle lässet sich am besten in den Vorlesungen durch Modelle erläutern.

Unter den natürlichen Gebilden geben die Krystalle des kohlensauren Kalkspathes ein lehrreiches Beyspiel. Der Isländische Spath zeiget das Rhomboeder (schiefwinklichte Parallelepipedum) zugleich als Grundform und abgeleitete Gestalt. Alle übrige Krystallisationen sind aus dem Rhomboeder abgeleitete Gestalten.

Hauy Esai d'une Théorie sur la Structure der Crystaux. Desselben Traité de Mineralogie. Leonhard Handbuch der Oryktognosie. Hausmanns Untersuchungen über die Krystallisation der Salze, in den Schriften der Berl. Akademie der Wissenschaften 1818 — 19.

Gilberts neue Annalen XIII. B. 231. S.

Berzelius Jahresbericht über die Fortschritte der physik. Wissenschaften übersetzt von Gmelin. Tüb. 1822.

§. 4.

Die Ausdehnung und Figur bestimmen blos die Form des physikalischen Körpers, was den Raum desselben mit Beharrlichkeit erfüllet, heißet die Materie oder der Stoff. Von der Gegenwart der Materie überzeugen wir uns vorzüglich durch den Sinn des Gefühles, obgleich auch die übrigen Sinnen hierbey mehr oder weniger mit in Anspruch genommen werden.

Ueberall, wo wir in den Raum eines Körpers einzudringen suchen, finden wir Widerstand. Dieses Phänomen nennt man die Undurchdringlichkeit der Materie, und der Physiker stellet mit Recht den Grundsatz auf: der Raum, welcher einmal mit Materie erfüllet ist, kann nicht zu gleicher Zeit mit anderer Materie erfüllet werden.

Ob der letzte Grund der Materie als einer sinnlichen Erscheinung wieder in etwas anderem zu suchen sey, überlässet der Physiker dem Metaphysiker. Nur dadurch, daß Ersterer sich an den sinnlichen Schein hält, gewinnet er eine sichere Basis für seine Wissenschaft.

Das scheinbare Eindringen mancher Stoffe in den Raum anderer Körper, wie z. B. des Wassers, der Luft in Schwamm, Holz, Steine und dergleichen erkläret sich aus der Porosität der Körper und der großen Theilbarkeit der Materie. Aber auch die chemische Mischung zweier ungleichartigen Stoffe zu einem gleichartigen Ganzen, können wir nicht für eine wahre und vollkommene Durchdringung gelten lassen, ohne den Begriff vom Körperlichen ganz aufzugeben. Vielmehr müssen wir auch diese Erscheinungen nur für eine, die Gränzen unsrer Sinne überschreitende Theilung und neue Vereinigung der materiellen Elemente erklären. Auch stimmt mit dieser Vorstellung die Erfahrung in vielen Fällen überein. Wer wird z. B. in einer Auflösung des Zuckers, oder Salzes im Wasser, des Kampfers im Weingeist die Gegenwart dieser Stoffe in dem Auflösungsmittel leugnen wollen, wenn sie gleich dem Sinn unsers Gesichts verschwunden sind? Von den chemischen Verbindungen dieser Art zu jenen, wo durch die Mischung die Eigenschaften der gemischten Körper verloren gehen, ist aber nur ein Schritt

weiter, welchen man aus der stärkern Anziehung der Bestandtheile erklären kann, ohne zu einer für uns unbegreiflichen Durchdringung der Materie seine Zuflucht nehmen zu müssen.

Versuche zur Erläuterung der Erscheinung von der Undurchdringlichkeit der Körper sind unter andern folgende.

Man stürze über ein auf Wasser schwimmendes Stück Kork ein umgestülptes Glas, der Kork lässet sich tief unter die Oberfläche des Wassers pressen, weil die in dem Glase eingeschlossene Luft dem Eindringen des Wassers widersteht. Eine kleine gläserne Flasche mit engem Hals, in welche man einige Tropfen Wasser gebracht hat, kann luftleer gemacht werden, wenn man das Wasser über Kohlen schnell verdunsten lässet, weil der sich bildende Wasserdampf die Luft verdränget. Eine Kugel von Zinn oder einem andern weichen Metall voll Wasser gefüllet, zugelöthet, und zwischen einem Schraubstock stark zusammengepresset berstet, weil das Wasser der äussern Gewalt nicht nachgiebt.

§. 5.

Die Materie erfüllet den Raum der Körper nicht mit Stetigkeit, sondern es finden Unterbrechungen Statt, welche man Poren oder Zwischenräume nennet. Bey den festen Körpern erkennet man die Poren leicht, besonders durch mikroscopische Beobachtungen. Bey den flüssigen Körpern geht dieß nicht an, wegen der Durchsichtigkeit der Theilchen, woraus sie bestehen. Man schliesset aber auf die Gegenwart der Zwischenräume in den flüssigen Körpern, weil es keine Flüssigkeiten gibt, welche nicht andere Körper in sich aufnehmen könnten, und dieß vermöge der Undurchdringlichkeit der Materie nur in so fern geschehen kann, als Poren vorhanden sind. Auch werden wir gewahr, daß oft ein Stoff, welcher unsichtbar in den Zwischenräumen eines Körpers enthalten ist, entweicht, wenn derselbe Körper einen andern Stoff in sich aufnimmt.

Hierher gehörige Versuche sind:.

Ein Goldblättchen zwischen zwey Glasplatten gebracht, lässet durch seine Zwischenräume grünes Licht schimmern. Quecksilber wird durch den Druck der Luft, oder durch mechanische Gewalt durch die Zwischenräume von Holz, Leder und ähnliche Körper als ein feiner Staubregen getrieben. Wenn man ein Glas voll Wasser oder Bier in einem etwas weitern Gefäß umgekehret unter die Glocke der Luftpumpe bringt, und den Druck der Luft hinwegnimmt, so steigen eine Menge Luftblasen aus der Flüssigkeit in die Höhe, sammeln sich in dem obern Raume des Glases, bilden daselbst eine größere Luftblase, die zwar bey wieder zugelassenem Druck der Atmosphäre einen kleinern Raum einnimmt, aber nur langsam (oft erst nach vielen Tagen) in die Zwischenräume der Flüssigkeit aufs Neue aufgenommen wird. Wenn man zu einem Mineralwasser, das viel kohlensaures Gas enthält, ein Stückchen Salz, Zucker, oder eine stärkere Mineralsäure bringt, so entweicht das kohlensaure Gas in Luftblasen aufbrausend. Ein Gleiches erfolget, nur langsamer, wenn man das Mineralwasser bis zum Kochen erhizt.

Hier treibt der sich bildende Wasserdampf das in den Zwischenräumen des Wassers befindliche Gas fort. Auf gleiche Weise wird das Quecksilber in den Barometern durchs Auskochen von seiner Luft und Feuchtigkeit befreiet, indem der sich bildende Quecksilberdunst, jene sehr stark mit dem Metall adhärirende Stoffe verdränget. Auch scheinet der stärkere Wohlgeruch der Blumen, Morgens und Abends, wenn sie vom Thau durchdrungen werden, größtentheiles auf einem solchen Ausscheiden eines Dunstes durch den andern zu beruhen.

Nutzen der Poren.

Manche Körper erhalten sich länger, wenn man ihre Zwischenräume dem Zutritte der atmosphärischen Luft verschliesset. Hierher gehöret das Bestreichen der Eyer mit Firniß, oder das Eintauchen derselben in Kalkwasser.

Mikroscopische Beobachtungen der Poren organischer Körper.

Giebt es absolut leere Räume? Die Beantwortung der Frage lieget ausser dem Gebiete der Erfahrung. So weit die Schärfe unsrer Sinnen reicht werden wir materielle Raumeserfüllung gewahr, und gewiß erstreckt sich dieselbe noch viel weiter. Der strenge Atomist muß freilich, wenn er sich die kleinsten Theilchen der Materie absolut hart denkt leere Räume zulassen, weil sonst

keine Bewegung denkbar wäre. Was hindert uns aber bey Atomen stehen zu bleiben, die man sich als ursprünglich elastisch denkt?

§. 6.

Die Theilbarkeit muß, vermöge der Erfahrung, ebenfalls für eine allgemeine Eigenschaft der Materie gelten; sie geht bey manchen Körpern ganz ausserordentlich weit, und wir können ihre Gränze nicht nachweisen. Ist die Materie ins Unendliche theilbar? Man muß die Frage verneinen, wenn man nicht den Begriff von Materie, als dem beharrlichen im Raume ganz aufgeben will, ob man gleich zugeben muß, daß der mathematische Körper, als bloße Größe betrachtet, ohne Ende theilbar gedacht werden könne.

Ausserordentlich weit gehende Theilbarkeit durch äussere mechanisch wirkende Kräfte geben uns die höchst dehnbaren Metalle Silber, Gold, Platina. Noch weiter geht die durch chemische Kräfte bewirkte oder von der Natur erzeugte Theilung der Materie. Beyspiele geben die leuchtenden und riechenden Stoffe, die chemischen Auflösungen und die Infusionsthierchen.

Nach Reaumüre's Beobachtungen wird eine Silberstange von 22 pariser Zoll Länge mit 1 Unze schwer Gold vergoldet; dieselbe Stange zum feinsten Drath ausgezogen und platt gewalzet, wie er zu den um Seide gesponnenen Goldfäden gebraucht wird, enthält eine Länge von 111 französischen Meilen. Wollaston hat Gold- und Platinadrath in einen dickeren Silberdrath eingeschlossen, auf den Drathzug gebracht und zu einer solchen Feinheit ausgezogen, daß 500 Fuß Länge des Golddrathes von $^1/_{5000}$ Zoll Dicke nur 1 Gran wogen. Die Dehnbarkeit des Platinadraths ging so weit, daß er sich bis auf $^1/_{30000}$ (?) eines Zolles Dicke ausziehen ließ. Platinadrath von $^1/_{18000}$ Zoll Dicke trug noch $1^1/_3$ Gran, bevor er riß. Sobald die dünne des Drathes unter $^1/_{3000}$ eines Zolles ist, lässet sich der Körper nicht mehr mit blosen Augen erkennen. Gilb. An. 1816. S. 284.

Es wird unten in dem Abschnitt von der Wärme erwiesen werden, daß es einen Wasserdampf bey der Temperatur der Eiskälte gibt, welcher gegen 200000mahl dünner als das Wasser ist;

und es ist höchst wahrscheinlich, daß in dem leeren Raume des Barometers ein Quecksilberdunst existire, welcher noch ungleich dünner als jener Wasserdampf seyn muß, da er gar nicht sinnlich wahrnehmbar auf die Quecksilbersäule im Barometer drückt, indessen der Wasserdampf immer noch einen meßbaren Druck ausübt. Was Wunder also, wenn es so feine Stoffe in der Natur giebt, die unsere Sinnen nicht unmittelbar rühren, sondern deren Daseyn wir nur durch ihre Wirkungen in andern Körpern gewahr werden!

Durch eine fortgesetzte Theilung wird die Oberfläche immer größer, und da die Oberfläche zunächst mit der Umgebung in Berührung steht, so ist es kein Wunder, daß oft schon die blose Theilung die Eigenschaften und Wechsel-Wirkung der Körper verändert. So befördert die mechanische Zertheilung in der Regel die chemische Wirkung der Körper aufeinander. Schwerere Körper können sich durch große Zertheilung in leichteren Flüssigkeiten schwebend erhalten u. s. w.

§. 7.

Bey vielen Körpern, den festen, werden wir einen bedeutenden Widerstand gewahr, wenn wir bemühet sind ihre Theile von einander zu trennen. Wir nennen diesen Widerstand die Cohäsion oder den Zusammenhang der Theile. Da wir denselben nicht von einer von aussen her wirkenden Kraft ableiten können, so müssen wir ihn als eine Folge der der Materie einwohnenden Anziehkraft betrachten. Man verstehet also unter der Cohäsion die im Innern der Körper sich äussernde Anziehkraft der gleichartigen Theilchen eines Körpers gegen einander. Es äussert sich indessen auch die anziehende Kraft an den Oberflächen der sich wechselseitig berührenden Körper, und hier erhält die Erscheinung den Namen der Adhäsion. Die Adhäsion findet nicht blos zwischen festen Körpern, sondern auch zwischen festen und flüssigen, und zwischen flüssigen verschiedener Art Statt. Ausserhalb der Berührung äussert sich weder Cohäsion noch Adhäsion. Wir müssen also diese Er-

scheinungen wohl von der Schwere, als einer in die Ferne wirkenden Kraft unterscheiden, obgleich manche Naturforscher es versucht haben, die ungleichartigen Wirkungen der Cohäsion und der Schwerkraft mit Hülfe gewisser Hypothesen auf einerlei Grundkraft zurückzuführen.

Versuche zur Erläuterung der Cohäsion nnd Adhäsion geben:

Das Zerreißen feiner Metallfäden durch angehängte Gewichte; die große Kraft mit welcher ebengeschliffne Platten von Marmor und Metall an einander haften, besonders wenn man etwas Oehl, oder zerlassenen Talch dazwischen gebracht hat. Jedoch ist bey diesen Erscheinungen der Druck der Luft mit im Spiel, aber nicht allein, denn auch unter der Glocke der Luftpumpe zeigt sich Anhaftung. Ferner gehören hierher das Belegen der Spiegelplatten mit Staniol, das Leimen, Löthen, Schweißen, Kitten, und viele ähnliche Ausübungen der Künste und Handwerke. Warum tauget nicht jeder Leim oder Kitt gleich gut für alle Körper? Dieß leitet schon auf die specifischen, oder chemischen Anziehungen.

Die Cohäsion und Adhäsion flüssiger Körper unter einander und gegen andere Körper, äussert sich in der Tropfenbildung, in der großen Kraft mit welcher eine Flüssigkeit sich schnell über der Oberfläche einer andern verbreitet, z. B. ein Tropfen eines fetten oder ätherischen Oehles, oder Weingeistes über Wasser. Auch hier verdrängt vermöge der größeren specifischen Anziehung ein Körper den andern. Erläuterung durch Versuche. Die Adhäsionskraft der Luft an andere Körper wird man gewahr, wenn man feste Körper schnell unter Wasser taucht. Aus der besondern Cohäsionskraft der flüssigen Körper an ihren Oberflächen und ihrer mehr oder mindern Adhäsion gegen feste Körper erkläret sich auch das Schwimmen schwerer fester Körper auf leichtern Flüssigkeiten, z. B. der Nähnadeln auf Wasser oder Oehl, oder auf der Gränzfläche zwischen beiden Flüssigkeiten. Von diesen Erscheinungen wird bey der Lehre von der Haarröhrchen-Anziehung noch weiter geredet werden.

§. 8.

Man hat bisher kein allgemeines Gesetz entdeckt, wonach sich die Größe des Zusammenhangs im voraus

bestimmen liesse. Doch bemerke man folgendes: Körper von einerlei Beschaffenheit erhalten einen grössern Zusammenhang, wenn sie dichter werden. Daher vermindert die Wärme durch die Ausdehnung den Zusammenhang der Körper, Kälte dagegen vermehret ihn, sowie auch mechanische Kräfte, welche verdichtend wirken, wie z. B. das Hämmern, zu Drathe Ziehen bey den Metallen. Doch gilt die Dichte keineswegs als allgemeiner Maaßstab für die Größe der Cohäsion.

Auf folgende drei Puncte möchte sich die Stärke des Zusammenhangs zurückführen lassen:

1) auf die Intensität der Kraft der sich wechselseitig anziehenden Theilchen;

2) auf das Gesetz, wonach die anziehende Kraft der kleinsten Theilchen gegen einander mit ihrer Entfernung sich ändert;

3) auf die Menge der in Wirksamkeit tretenden Theilchen.

Blos die letzte Größe lässet sich als eine Function der Dichtigkeit betrachten. Die beiden ersten sind uns noch zur Zeit unbekannt. Indessen erkläret sich hieraus, wie ein geringer Zusatz, welcher die Menge der in Wirksamkeit tretenden Theilchen so gut wie nicht verändert, aber auf die andern Bestimmungs-Größen der Cohäsion Einfluß hat, diese, und durch sie die physischen Eigenschaften eines Körpers bedeutend verändern kann.

Merkwürdige Erscheinungen der Art bieten Faraday's und Fischer's Versuche über die Legirungen der Metalle durch sehr geringe Mengen anderer Metalle dar.

Siehe Gilb. A. 1820. 10. St. 1821. 3. St.
Tausend Experimente der Physik und Chemie zur Unterhaltung und Belehrung v. D. E. G. Kühn, Leipzig 1822.

Unter den Versuchen, welche zur Bestimmung der Größe des Zusammenhangs verschiedner Körper angestellet worden sind, verdienen noch immer Mouschenbroek's Untersuchungen als die zahlreichsten und vollständigsten erwähnet zu werden. Siehe Mouschenbroek's introductio ad philosophiam naturalem, so wie dessen Abhandlung de cohaerentia et firmitate. Viele neuere Versuche über den Zusammenhang der Metalle, vorzüglich des Eisens und Messings und der Baumaterialien, sind in England und Frankreich angestellet worden, worüber folgende Schriften nachzusehen sind. Philosophical Transact. 1818. P. I.

An Essay on the strength and stress of Timber. v. P. Barlow Professor an d. K. Akademie zu Woolwich. Lond. b. Taylor. 1823.

Duleau Essai théorique et experimentale sur la resistance du fer forgé, worin alle Versuche über diesen Gegenstand bis zum Jahr 1820 zusammengestellet sind.

Bey Gelegenheit der Erbauung der großen eisernen Hängebrücken in England, sind wohl die am meisten ins Große gehenden Versuche über den Zusammenhang des geschmiedeten Eisens angestellet worden. Capitain Brown, der Erbauer der Unionsbrücke über die Tweed zwischen Schottland und England, fand die Stärke eines Cylinders von geschmeidigem Eisen 1¾ Zoll im Durchmesser gleich 1470 Centner im Mittel genommen. Dieß gibt auf einen Quadratzoll (engl. M.) 611,3 Centner. Die relative Stärke verschiedner zu Drath gezogner Metalle nach ältern Versuchen stellet folgendes Täfelchen dar.

Metalle, Cylinder von 0,1″ rhn. Durchmesser.	nach Mouschenbroek. Pfund	Guiton Morveau. Pfund
Platina	—	431,1
Gold	500	235,8
Eisen	450	864
Silber	370	294
Messing	360	—
Kupfer	299¼	475
Zinn	49¼	54,4
Bley	29¼	43,3
Zink	—	472

Die Uebereinstimmung ist nicht sonderlich. Jedoch ist zu bemerken, daß Guiton Morveau mit dünnern Dräthen Versuche anstellte, und die obenstehenden Zahlen durch Reduction auf die Mouschenbroekschen Maaße berechnet worden sind.

Die neuesten bekannten Versuche über die Stärke von Eisen- und Messingdrath finden sich in folgendem Werk: Description du Pont suspendu en fil de fer, construit à Geneve; par Chr. Dufour. etc. Genf u. Paris 1823. Ein kurzer Auszug ist folgender:

Versuche über die Stärke von Eisendräthen.

Nummer des Drathes und Fabrik.		Durchmesser in Millimeter.	Stärke in Kilogramme absolute	auf den □ Millim.
No. 4	la Ferriere	0,85	48	84,4
	St. Gingolf	0,85	38,5	67,7
No. 13	la Ferriere	1,90	196	69,1
	St. Gingolf	1,90	178	62,8
No. 17	la Ferriere	2,75	382	64,3
	St. Gingolf	2,75	349	49,4
No. 19	la Ferriere	3,70	776	72,2
	St. Gingolf	3,70	644	59,9

Stärke der Messingdräthe.

No. 4	0,85	48,5	85,2
No. 13	1,90	150	54,5

Durch Glühen verlieren die Dräthe über die Hälfte von ihrer Stärke.

Der Widerstand, welchen feste Körper beym Zerbrechen in horizontaler Lage leisten, heißt die relative Stärke der Körper. Bey derselben kommt zugleich die mathematische Theorie des Hebels ins Spiel. Man bemerke: bey Körpern von gleichartiger Beschaffenheit verhalten sich die relativen Stärken wie die Producte aus den Breiten, in die Quadrate der Höhen, dividirt durch die Längen. Daher träget derselbe Balken, wenn er mit der schmahlen Seite aufflieget, mehr, als wenn er mit der breiten Seite aufflieget, und der Unterschied wächset mit dem Unterschiede beider Dimensionen. Daher giebt das im Kreis beschriebene Quadrat, als Querschnitt eines Balkens, eine mindere Stärke als das Rechteck, dessen Höhe sich zur Grundlinie $= \sqrt{2} : 1$ verhält. Hohle runde Körper von gleichem Gewichte mit massiven tragen ungleich mehr als diese. Der Durchmesser des hohlen Körpers gilt für die Höhe. Man bemerke folgende Regel, welche für die Ausübung nahe genug die Dicke des ringförmigen Querschnittes eines hohlen ...ders giebt, welcher mit einem massiven von derselben Ma... ...leiche Stärke besitzet: Die Dicke des Ringes wird gefun-

den, wenn man die Cubikzahl des Durchmessers des massiven Cylinders durch die dreifache Quadratzahl des Durchmessers des hohlen Cylinders dividirt.

Z. B. Es sey der massive Cylinder 4 Zoll dick, der hohle soll 8 Zoll Durchmesser erhalten, wie stark muß seine Wanddicke seyn? Antwort, $\frac{4^3}{3 \cdot 8^2} = \frac{64}{3 \cdot 64} = \frac{1}{3}$ Zoll.

Beide Gewichte würden sehr nahe in dem Verhältnisse von 1 : 3 stehen. So finden wir auch in den natürlichen Gebilden, wo Stärke mit Leichtigkeit gepaaret ist, einen hohlen Bau. Man denke an die Knochen, besonders der Vögel.

Aus dem ersten der voranstehenden Gesetzen lässet sich ferner die Folge ziehen, daß die relativen Stärken ähnlich gebauter Maschinen von gleicher Materie, sich wie die Quadratzahlen ihrer linearen Dimensionen verhalten, indessen die Massen oder Gewichte in dem Verhältnisse der Würfelzahlen derselben Dimensionen stehen. Es können daher Modelle im Kleinen ausgeführet stark erscheinen, und doch könnte der Bau im Großen unter seinem eigenen Gewichte erliegen. Soll dieser Fall nicht eintretten, so muß das Modell wenigstens das n—1 fache seines Gewichts tragen können, wenn die Maschine nach einem n fachen Maaßstabe gebauet werden soll.

Große Stärke der feinen organischen Gebilde, die gewissermaaßen mit ihrer Feinheit zunimmt. Nach Mouschenbroek träget der Faden einer Seidenraupe . . . 80 — 90 Gran
ein Menschenhaar 57mal so dick . . . . 2069 "
ein Pferdehaar 7mal so dick . . . . . . 7970 "

Unter den Metallen sind die magnetischen die festesten. Sollte endlich alle Cohäsion auf Magnetismus beruhen? Diese Frage erhält durch die neuesten Entdeckungen (siehe unten) wieder mehr Gewicht.

Ueber die relative Stärke fester Körper in technischer Hinsicht ist besonders nachzusehen Eytelweins Statik. 2. B.

§. 9.

Der Anziehkraft entgegen wirkt die ausdehnende Kraft oder Elasticität der Materie. Darunter versteht man die Kraft womit die Körpertheilchen sich von einander zu entfernen streben.

Auf dem Verhältniß der Elasticität und Cohäsion beruhen die verschiedenen Formen oder Zustände der Körper, deren wir hauptsächlich dreyerley unterscheiden:

1) den Zustand der Festigkeit
2) der tropfbaren Flüssigkeit (Liquidität)
3) der ausdehnsamen Flüssigkeit (Expansibilität).

Fest heißen wir diejenigen Körper, deren Theilchen bey der Trennung einen bedeutenden Widerstand leisten. (Absolut fest würde der Körper seyn, dessen Theile sich gar nicht trennen liessen, solche Körper giebt es nicht.) Tropfbar flüssig nennet man diejenigen Körper, deren Theilchen vermöge eines geringen Grades von Zusammenhang Tropfen bilden, dabey in ihrem Innern so beweglich sind, daß sie jeder äussern Kraft leicht nachgeben, und durch die Schwere getrieben die Form der Gefäse annehmen, worin sie enthalten sind. Beyspiele geben Wasser, Weingeist, Quecksilber. Elastisch, oder ausdehnsam flüssig heißen diejenigen Körper, deren Theilchen nicht nur keinen Zusammenhang unter sich haben, sondern vielmehr ein Bestreben äussern sich von einander zu entfernen.

Hierher gehören die gemeine Luft, die durch die neuere Chemie entdeckten künstlichen Luftarten, so wie alle durch die Wärme aus den festen und flüssigen Körpern entwickelten Dämpfe, welche sämmtliche ausdehnsame Flüssigkeiten man oft mit dem gemeinschaftlichen Namen von Gasen beleget.

Nach den verschiednen Formen welche die Körper haben können, äussert sich die Elasticität in ihnen auf verschiedne Weise. In den festen Körpern kann sie wegen der überwiegenden Cohäsionskraft der Theilchen keine von selbst erfolgende Raumsvergrößerung hervorbringen, wohl aber zeiget sich ihre Wirkung, wenn durch eine äussere Kraft, als Stoß, Schlag, Drehen, Winden der Raum

und die Gestalt eines solchen Körpers verändert worden ist, durch Widerstand und Wiederherstellung des vorigen Raumes und der vorigen Gestalt. Ist die Wiederherstellung vollständig, so heißet der Körper vollkommen elastisch.

Unter den festen Körpern ist der auf einen gewissen Grad gehärtete Stahl einer der elastischten, daher Federhärte und Elasticität fester Körper oft als gleichbedeutend gebraucht werden. Auch bey den tropfbarflüssigen Körpern kann die Elasticität unter den gewöhnlichen Umständen keine von selbst erfolgende Raumsvergrößerung wirken. Da aber in denselben die Kräfte der Cohäsion und Elasticität sich schon mehr dem Gleichgewichte nähern, so bedarf es oft nur einer geringen Veränderung der Temperatur oder des äussern Druckes der Luft, um tropfbar flüssige Körper in ausdehnsam flüssige zu verwandeln. Beyspiele geben das Verdünsten des Weingeists und der Naphta im luftleeren Raume.

Die tropfbaren Flüssigkeiten lassen sich nur dann zusammenpressen, wenn sie in feste Gefäße eingeschlossen sind, oder die zusammenpressende Kraft von allen Seiten her gleich stark auf sie wirkt. Unter diesen Umständen hat man sie nicht blos zusammenpreßbar, sondern auch rückwirkend elastisch gefunden, obgleich der Raum, um welchen sie sich durch eine Kraft von bestimmter Größe zusammenpressen lassen, nur klein ist gegen die Größe der Raumsveränderung der ausdehnsamen Flüssigkeiten, und selbst der elastischen festen Körper.

Nach Zimmermann und Abich wurden z. B.

Brunnenwasser um $1/149$ seines Raumes
Salzwasser " $1/100$ — —
Brandtwein " $1/225$ — —

zusammengepresset durch eine Kraft von 745 Pf., welche

auf die Oberfläche eines Cylinders von 9 Linien im Durchmesser wirkte. Canton fand für die Zusammenpressung durch den Druck der Atmosphäre bey 27,6 Zoll Barometerstand

von Weingeist	0,000066	des Raumes
Baumöl	0,000048	
Regenwasser	0,000046	
Quecksilber	0,000003	(?)

Die neuesten Versuche über diesen Gegenstand von Pfaff in Kiel (sieh. Gilb. Annal. 72. Band) zeigen, daß schon geringe Pressungen hinreichend sind, die Elasticität des Wassers bemerklich zu machen. Pfaff preßte das Wasser durch den Druck einer Wassersäule selbst in einer starken gläsernen Glocke zusammen, und nach der Zusammenpressung wurde die Wiederausdehnung des Wassers, durch das Ansteigen desselben in einer feinen Haarröhre gemessen. Zwei Versuche im Mittel gaben folgende Resultate

Druck in Wasserhöhe.	Zusammenpressung den ursprünglichen Raum = 1 gesetzet.
1¼ Zoll	0,00000043015
5 —	0,000001444
10 —	0,000002673
15 —	0,000004055
20 —	0,0000050289

Man sieht hieraus, daß die Zusammenziehungen in einem geringern Verhältniß als die pressenden Kräfte zunehmen.

Die Formel

$$0{,}0000003538 a^{0{,}886} = x,$$

wo a die Druckhöhe in Zollen, x die Zusammenpressung in Raum'stheilchen bezeichnet, stellet die mitgetheilte Beobachtung ziemlich gut dar. Wollte man sie ausdehnen bis zum

Druck der Atmosphäre, so würde man für die Zusammenpressung des Wassers 0,00006894 erhalten; eine Zahl, die so ziemlich das Mittel zwischen den Beobachtungen von Canton und Abich hält.

§. 10.

Die Elasticität der ausdehnsamen Flüssigkeiten äussert sich durch ein stetes Bestreben nach Raumsvergrößerung; dabey sind Kraft und Gegenkraft einander gleich, daher sind diese Flüssigkeiten als vollkommen elastische zu betrachten, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen des Druckes und der Temperatur. Die Dämpfe unterscheiden sich hierdurch von den Luftarten, daß der Zustand ihrer vollkommenen Elasticität minder beständig ist, als bey diesen, indem die Dämpfe durch eine plötzliche Vermehrung des Druck's, oder Erniederung der Temperatur sich zersetzen und in die tropfbar flüssige oder feste Gestalt zurückkehren, aus welcher sie sich mit Hülfe der Wärme gebildet hatten. Nach neuern Versuchen von Faraday in London ist es demselben gelungen, mehrere künstliche Luftarten, die man bisher für permanent elastisch hielt, durch die vereinigte Wirkung von Druck und Kälte in tropfbare Flüssigkeiten zu verwandeln. Unter diese Anzahl gehören zwar bis jetzt nicht die atmosphärische Luft, das Stickgas und Sauerstoffgas, indessen bietet sich allerdings die Frage dar, ob es nicht möglich sey, die bisher durch mechanische Kräfte für unveränderlich geglaubte Gasarten durch Anwendung eines viel größern Drucks ihrer Gasform zu berauben?

Auch wird es nach dem gegenwärtigen Zustande unsrer physikalischen Kenntnisse immer wahrscheinlicher, daß Wärme und Licht die Ursache aller Flüssigkeit und Elasticität seyn möge. Ohne die belebende Wärme erregende Kraft des

Sonnenlichts möchte alles auf unserm Erdball zu einem todten festen Klumpen erstarren. Ueberlassen wir uns indessen hier nicht Speculationen, die jenseits der Gränzen unsrer Erfahrung liegen.

Versuche zur Erläuterung der Elasticität der Körper bieten folgende Erscheinungen dar: Eine elfenbeinerne Kugel, welche man auf eine mit Lampenruß geschwärzte Marmortafel fallen lässet, plattet sich durch den Stoß ab, springt zurück und lässet auf der Marmortafel einen Kreis als Spuhr ihrer Abplattung zurück. Eben so springen Quecksilberkügelchen, die man auf einen harten festen Körper fallen lässet, zurück; daß dieß Wassertropfen unter ähnlichen Umständen nicht thun, rühret wohl nur davon her, weil das Wasser gegen die Oberfläche der meisten festen Körper eine zu starke Adhäsion besitzt. Wenn man eine Marmorplatte mit Oel bestreicht, und mit semen lycopodii bepudert, so kann man auch Wassertropfen zurückspringen machen. Wenn der zurückwerfende, oder zurückprallende Körper, oder beide zugleich vollkommen elastisch sind, so sind auch der Einfalls- und Rückprallwinkel einander gleich (dieß erläutert sich aus der Lehre von der Zusammensetzung der Bewegung). Gegentheils fället der Rückprallwinkel kleiner aus als der Einfallswinkel. Die vollkommenste Gleichheit dieser Winkel findet bey der Reflexion des Lichtes Statt. Die Kraft der gespannten Stahlfedern nähert sich der vollkommenen Elasticität; und ist von Dauer. Bey gebognen und spiralförmig gekrümmten Stahlfedern wächset die Kraft der Elasticität mit der Größe der Biegung, oder der Anzahl der Windungen.

Daher dienen gespannte Stahlfedern zum Maaß anderer Kräfte, wie bey den Federwaagen, und als bewegende Kräfte, wie bey den Taschenuhren. Auch folgen aus dem Gesetz des gleichförmigen Wachsthums der Elasticität mit der Windung die gleichzeitigen Schwingungen der Spiralfedern, welche an einem Ende befestiget sind, und durch Kräfte die auf das andere Ende wirken gewunden werden. (Die Uuruhe als Regulator bey den Taschenuhren.)

§. 11.

Die festen elastischen Körper besitzen vermöge ihrer Elasticität und Cohäsion nicht blos die Fähigkeit den zu-

sammenpressenden, sondern auch den dehnenden Kräften bis zu einem gewissen Grade zu widerstehen. S'Gravesande und Coulomb haben uns schätzbare Beobachtungen über diese Wirkungsart der elastischen Körper geliefert, wovon wir hier folgendes mittheilen.

Es bezeichne ab Fig. 1 einen dünnen Metalldrath (Claviersaite) horizontal ausgespannet, und bey a und b befestiget. Hängt man in die Mitte ein kleines Gewicht P, so entsteht dadurch eine Senkung cd, und eine Vermehrung der Spannung und Länge der Saite ab. Nimmt man das Gewicht wieder hinweg, so kehret die Saite vermöge ihrer Elasticität wieder in ihre vorige Lage zurück. Nun fand S'Gravesande, daß innerhalb gewisser Gränzen, so lange durch die angewendeten Kräfte die natürliche Elasticität nicht leidet, folgende Gesetze Statt finden.

1) Die Senkungen cd bleiben den angehängten Gewichten nahe proportional, wie groß auch die anfängliche Spannung des Drathes gewesen seyn mag. (Hieraus lässet sich die mathematische Folge ziehen, daß die Schwingungszeiten einer Saite gleich bleiben, wenn auch ihre Oscillationsweiten cd von verschiedner Größe sind.)

2) Bey ungleichen spannenden Kräften, verhalten sich die Gewichte P, welche gleiche Senkungen hervorbringen, wie die spannenden Kräfte.

3) Durch gleiche Zunahmen der spannenden Kräfte verlängert sich eine elastische Saite gleich viel, die anfängliche Spannung mag gewesen seyn, was sie will.

4) Dieselben Gesetze gelten auch für dünne elastische Streifen.

Coulombs Versuche beziehen sich auf die Elasticität gewundener Dräthe.

Es bezeichne abcd Fig. 2. einen dünnen Cylinder von

Drath, z. B. ein Stück Claviersaite, welcher oben festgehalten, und um seine Axe ab herum gewunden werde. Ist omn der Drehungswinkel, so wird die Seite des Cylinders pn, die vor der Drehung mit der Axe am parallel war, nach der Windung eine Schraubenlinie in po bilden. Der Krümmungswinkel opn drückt das Maaß aus, um welchen die aneinander gränzenden Theilchen der Linie pn verschoben worden sind. Dieser Winkel steht, bey einerlei Größe der Windung, im verkehrten Verhältnisse der Länge der Dräthe, desgleichen die Elasticität gewundner Fäden nach Coulombs Erfahrungen. Ferner, da in jedem Querschnitt der Halbmesser mu den Winkel umo beschreibt, so folget aus den allgemeinen Gesetzen des Widerstandes, daß auch die Elastizität gewundener Dräthe in jedem Querschnitte der Menge der verschobenen Theilchen multipliciret in das Quadrat des Halbmessers, also den 4ten Potenzen der Halb- oder Durchmesser der Dräthe proportional seyn möchte; auch dieß Gesetz bestättiget die Erfahrung.

Uebrigens hängt die Größe des Widerstandes zugleich von der eigenthümlichen Elasticität der Körper ab. Z. B. bey Messing- und Eisen-Drath von gleichen Dimensionen fand Coulomb die der Drehung widerstehenden Kräfte in dem Verhältnisse von 1 : 3,33 dagegen das Verhältniß der Cohäsionen nur 1 : 1,71.

Der Widerstand der Elasticität steht bey ungleichen Windungswinkel, im Verhältniß der Winkel. Dieß folget aus der gleichen Dauer der Oscillationen bey abnehmender Schwingungsweite.

Die Quadrate der Schwingungszeiten gewundener Dräthe verhalten sich wie die spannenden Kräfte.

Auf die vorstehende Sätze gründete Coulomb seine Drehwage, von welcher er einen scharfsinnigen Gebrauch gemacht

hat, um die Gesetze der electrischen und magnetischen Anziehungen zu bestimmen. Hiervon unten.

Cavendisch bediente sich eines ähnlichen Apparats, um die Wirkungen der Schwerkraft damit zu messen. Die wesentlichsten Theile einer Drehwaage zeiget Fig. 3.

In der Axe eines etwas hohen Cylinders abde ist ein feiner Metalldrath oder anderer elastischer Faden aufgehängt, welcher eine horizontal schwebende Nadel gh träget. Den Faden zu spannen und zugleich in der lothrechten Lage zu erhalten, dienet ein angehängtes Gewicht i. Die Nadel gh kann sich in einem weitern Cylinder von Glas ABCD frei herumdrehen, an dessen äusserer Seite befindet sich ein in Grade eingetheilter Kreiß, um die Drehungswinkel der Nadel zu messen. Der runde Zapfen mit der Klemme q, welcher das obere Ende des Fadens festhält, und die freischwebende Nadel träget, führet einen Zeiger herum, welcher an dem eingetheilten Rande der Fassung ab die Windungen misset, die man dem Faden nach Belieben geben kann.

§. 12.

Auf den verschiednen Graden des Zusammenhanges und der Elasticität, so wie auf ihrer gleichförmigen oder ungleichförmigen Vertheilung im Innern der Körper beruhen die verschiednen Eigenschaften der festen Körper, welche wir mit hart, weich, spröde, zähe, dehnbar bezeichnen. Die Gründe dieser verschiednen Eigenschaften genau nachzuweisen, ist unmöglich, weil es hierbey auf die Lage und Gestalt der kleinsten Theilchen ankommt, die sich unsern Sinnen entziehen.

Hart nennen wir einen Körper, wenn er keine Eindrücke von aussen annimmt, weich bezeichnet das Gegentheil. Der härteste unter allen Körpern ist der Diamant, dann folgen die übrigen Edelsteine, der härteste Stahl u. s. w.

Zähe heißen diejenigen Körper, welche bey einer großen Verschiebbarkeit ihrer Theile doch einen starken Zu-

sammenhang bey der wirklichen Trennung äussern. Unter die zähesten Körper gehören die dehnbaren Metalle, unter welchen Platina, Gold, Silber oben anstehen, die Sehnen der thierischen Körper, das elastische Harz (Kautschouk) und mehrere andere. Unter die sprödesten Körper sind zu zählen, der härteste Stahl, das Glas, besonders die bologneser Flaschen, die Glasthränen, Glaswürmchen, welche aus dem glühend weichen Zustand durch plötzliche Erkältung von aussen in den festen Zustand übergegangen sind. Man kann sich die spröden Körper als solche denken, deren einzelne Theile in einem sehr verschiednen Zustande der Dehnung und Zusammenpressung sind. Daher werden spröde Körper dehnbarer, wenn man sie erwärmt und allmählig erkalten lässet, dehnbare spröde, wenn man sie erhitzet und plötzlich von aussen her erkältet.

Versuche und Erfahrungen, welche dieses bestätigen. Das Härten und wieder Anlassen des Stahles.

Nach Fortin wird ein Stahlstab länger, wenn man ihn härtet; die innern Theile müssen sich also in einem gedehnten Zustande befinden, trotz der plötzlichen Erkältung von aussen, wodurch die äussern Theile erstarren, und dann vermöge der Cohäsion die innern Theile ebenfalls in einem gedehnten Zustande erhalten. Die bologneser Flaschen und Glasthränen verlieren ihre Sprödigkeit, wenn man sie glühet und allmählich erkalten lässet. Gewöhnliches Glas und Porcellan erträget die Abwechslungen von Hitze und Kälte besser, wenn man es in kaltem Wasser nach und nach bis zum Sieden des Wassers erhitzt, und eben so langsam wieder erkalten lässet. Dünne Gläser springen nicht so leicht als dicke bey plötzlichen Abwechslungen der Temperatur, weil die Ausdehnung in jenen gleichförmiger als in diesen erfolgen kann. Hieraus erkläret sich der Nutzen der Kühlöfen, auf den Glas- und Porcellanfabriken.

Manche Metalle lassen sich kalt nicht hämmern, dagegen bis zu einem gewissen Grade erhitzt, dahin gehöret der Zink, andere lassen sich heiß nicht hämmern, wie z. B. das Messing. Die letztere, gleichsam paradoxe Erscheinung, möchte sich aus

der ungleich starken Ausdehnung des Zink's und Kupfers, woraus das Messing gemischet ist, erklären lassen, wodurch die einzelnen Theile bey der Erhitzung in einen ungleichen Zustand der Dehnung kommen.

Man verhütet das leichte Zerspringen spröder Körper, wenn man sie mit einen weichen Körper überziehet, z. B. Glas mit Löschpapier. Dieß hat einen mechanischen Grund. Der weiche Ueberzug dämpfet die elastischen Schwingungen des spröden Körpers, welche häufig die Veranlassung zum Zerbrechen geben. Holzfibern und andere organische Körper werden spröde durchs austrocknen, minder spröde durch Befeuchten mit Wasser. Hier wirkt die eindringende Feuchtigkeit, wie bey harten Körpern die Wärme; sie erhöhet die Verschiebbarkeit der Theilchen.

Trägheit und Beweglichkeit der Materie überhaupt.

§. 13.

Wenn ein Körper an der Stelle des Raumes bleibt, wo er sich befindet, so sagt man: er ruhe; wenn er dagegen seinen Ort verlässet und sich an einen andern begiebt: er bewege sich. Wir können der Materie im Allgemeinen eben so wenig die Fähigkeit sich zu bewegen, als die an ihrem Orte zu beharren, absprechen.

Da indessen der Uebergang aus der Ruhe in die Bewegung, so wie der von der Bewegung zur Ruhe eine Veränderung eines Zustandes ist, und eine Ursache voraussetzet, welche wir gewöhnlich mit dem Namen von Kraft belegen, so pfleget man die Materie an sich als gleichgültig gegen Ruhe und Bewegung zu betrachten, indem man alle in der Materie vorgehenden Veränderungen als die Wirkungen von Kräften ansieht. Indessen ist dieß blos eine Vorstellungsart, indem wir eben so wenig den letzten

Grund der Materie, als das innere Wesen der Kräfte durchschauen. Man nennet die Gleichgültigkeit der Materie gegen Ruhe und Bewegung die Trägheit der Materie. In der That werden wir auch in vielen Fällen gewahr, daß die Körper ihren Zustand nicht verändern, ohne von einer äussern Ursache dazu angetrieben zu werden, wie dieß bey allen durch den Stoß hervorgebrachten Bewegungen, so wie überhaupt bey allen Erscheinungen, welche den Gegenstand der mechanischen Naturlehre ausmachen, der Fall ist. Wenigstens reicht hier die Vorstellung von einer blos trägen Materie, und von Kräften, die nur von aussen her in dieselben wirken, hin, um die verwickeltsten Bewegungen vollständig und befriedigend zu erklären. Gehen wir aber zu den chemischen Wirkungen und zur Betrachtung der organischen und belebten Körper über, so werden wir hier Veränderungen gewahr, wodurch oft die ganze Natur und Beschaffenheit der Körper umgewandelt wird, ohne den Einfluß äusserer Kräfte. Wir müssen uns also die hierbey thätigen Kräfte als der Materie gleichsam einwohnend, anhaftend, vorstellen, ob wir gleich nicht bestimmt nachweisen können, wie und auf welche Weise Kraft und Materie mit einander in Wechselwirkung stehen. Da nun schwerlich irgend ein Körper in der Welt aufgefunden werden kann, welcher nicht unter Umständen chemische Wirkungen äussert, so möchte sich eben so wenig eine absolut todte, d. i. aller Kräfte beraubte Materie in der Erfahrung offenbaren. Das alles aber hindert den Naturforscher nicht, zum Behuf der Erklärung und bessern Begreiflichmachung der Erscheinungen, sich eine blos träge, für jeden Zustand gleichgültige, für jede Kraft empfängliche Materie zu denken; so wie er sich z. B. den mathematischen Hebel, als eine Linie ohne alle Schwere denkt, und unter dieser Voraussetzung

die wichtigste Lehrsätzen des Hebels demonstriret, obgleich kein solcher Hebel in der Natur wirklich existiret.

Giebt es eine eigenthümliche organische oder belebte Materie?

Vermöge der Trägheit der Materie würde ein Körper, welcher einmal in Ruhe ist, ewig in Ruhe bleiben, wenn ihn keine Kraft zur Bewegung antriebe; eben so würde ein Körper, welcher sich einmal in Bewegung befindet, ewig in derselben beharren, wenn nicht andere Kräfte ihn nöthigen, diese Bewegung zu verändern oder aufzugeben. Das Beharren der Körper in der Ruhe pfleget von niemand bezweifelt zu werden, da wir täglich Beyspiele davon vor Augen haben. Das unwandelbare Beharren der Körper in Bewegung, können wir durch Versuche auf der Erde nicht darthun, weil es nicht in unsrer Macht steht, den Einfluß andrer Kräfte, als da sind: Reibung, Widerstand der Luft, Wirkungen der Schwere, zu beseitigen. Den besten Beleg für diese Behauptung liefern uns die Bewegungen der Planeten und unsrer Erde selbst, welche sich mit unwandelbarer Geschwindigkeit um die Sonne und um ihre eigne Axe dreht, so lange und weit unsre Beobachtungen reichen. Auch werden wir bey allen Bewegungen irdischer Körper ohne Ausnahme gewahr, daß sie desto länger dauern, je weniger äussere Hindernisse ihnen entgegen wirken.

§. 14.

Wir können uns jeden Körper als eine Anhäufung von materiellen Theilchen (physischen Puncten) vorstellen. Da nun, jedes Theilchen in Bewegung zu setzen, Kraft erforderlich ist, so wird die Größe der bewegenden Kraft in dem Verhältniß der Menge der materiellen Theilchen, das ist, in dem Verhältniß der Massen stehen.

Bey gleichen Massen kann der Unterschied der Kräfte nur in der verschiednen Größe der Geschwindigkeiten, d. i. der in gleichen Zeiten beschriebenen Wege gesucht werden. Daher muß allgemein die Größe der bewegenden Kraft in zusammengesetzten Verhältnisse der bewegten Masse und der erzeugten Geschwindigkeit stehen. Nennet man den Theil der Kraft, welcher auf die Erzeugung der Geschwindigkeit verwendet wird, die beschleunigende Kraft, hingegen die gesammte

Größe der in einem bewegten Körper wirksamen Kraft, die bewegende Kraft; so kann man sich die bewegende Kraft als ein Produkt aus der beschleunigenden Kraft in die bewegte Masse, und umgekehret die beschleunigende Kraft als einen Quotienten aus der bewegenden Kraft durch die bewegte Masse denken. Daher wird bey einerlei bewegenden Kraft, die beschleunigende Kraft desto kleiner ausfallen, je größer die zu bewegende Masse ist.

Erläuterung dieser Sätze durch Versuche mit der Atwoodschen Fallmaschine. Man denke sich über eine äusserst leicht bewegliche Rolle A Fig. 4. einen dünnen Faden geschlagen, an dessen Ende zwey Gewichte p und q befestiget sind; wären die Gewichte von gleicher Größe, so würden sie sich, da sie die Rolle nach entgegengesetzen Richtungen zu drehen streben, einander das Gleichgewicht halten. Nehmen wir aber das eine Gewicht z. B. p, als das größere an, so wird dasselbe vermöge seines Uebergewichts herabsinken, und das Gewicht q in die Höhe ziehen. Die Wege pt, qr, welche beide Körper beschreiben, sind einander gleich. Fraget man nach der beschleunigenden Kraft, welche die Geschwindigkeit erzeuget, so bemerke man Folgendes: die bewegende Kraft ist $= p - q$, die zu bewegenden trägen Massen sind $p + q + \frac{1}{2} A$ (von dem Gewichte oder der Masse der Rolle kommt nur die Hälfte in Rechnung, weil die Umdrehungsgeschwindigkeit der einzelnen Theile der Rolle vom Mittelpunkt an nach dem Umfang hin wächset, wie unten bey der drehenden Bewegung genauer bewiesen werden soll) daher die beschleunigende Kraft nach den den oben aufgestellten Grundsätzen:

$$f = \frac{p - q}{p + q + \frac{1}{2} A}$$

z. B.

Fall	p, q, A	giebt	f
1)	2, 1, 2	—	1/4
2)	3, 2, 2	—	1/6
3)	4, 3, 2	—	1/8

Das heißt, wenn der frei fallende Körper p, vermöge der Beschleunigung der Schwerkraft den Raum pt in irgend einer Zeit, die wir $= 1$ setzen wollen, durchlaufen würde, so beschreibt er hier im ersten Fall denselben Raum in der Zeit

= 4, im zweyten Fall in der Zeit = 6, im dritten Fall in der Zeit = 8. Die Versuche bestättigen dieß auf das Vollkommenste, und rechtfertigen dadurch die oben vorgetragene Lehre von der Trägheit der Körper.

§. 15.

Da eine jede bewegende Kraft zur Hervorbringung der von ihr erzeugten Bewegung verwendet wird, und in den bewegten Körper übergeht, indem eine gleich große Kraft erforderlich ist, den bewegten Körper wieder zur Ruhe zu bringen: so saget man, jeder Körper widerstehe einer bewegenden Kraft im Verhältniß der Größe der Einwirkung, d. i. in dem Verhältniß der Masse des Körpers und der erzeugten Geschwindigkeit. Man nennt dieß die Gegenwirkung der Körper, und da diese jederzeit der bewegenden Kraft gleich ist, so nennet man auch das Produkt aus der Masse eines bewegten Körpers in seine Geschwindigkeit die Größe der Bewegung desselben. Diese kann also sehr verschieden ausfallen, je nachdem die Masse, oder die Geschwindigkeit oder beide zugleich veränderlich sind. Was an der einen abgeht, kann an der andern ersetzet werden, ohne daß sich die Größe der Bewegung ändert. So besitzen z. B. eine Kugel von einem Pfunde und einer Geschwindigkeit von 1000 Fuß, und eine andere von 1000 Pfund und einer Geschwindigkeit von einem Fuß völlig gleiche bewegende Kräfte. Die große Kraft des entzündeten Schießpulvers, und die noch größere von andern explodirenden Stoffen, wie z. B. des Knallsilbers, Knallquecksilbers, womit uns die neuere Chemie bekannt gemacht hat, ist nicht sowohl in der Masse dieser Körper, als vielmehr in der ungeheuern Geschwindigkeit, womit die sich aus ihnen entwickelnden Gase sich entbinden, zu suchen. Die

Kraft des Blitzes und des verstärkten elektrischen Funkens unsrer Maschinen feste Körper zu durchschlagen und ihren Zusammenhang zu lösen, ist sehr groß; da wir aber die Geschwindigkeit des elektrischen Funkens bis jetzt gar nicht zu messen im Stande waren, so lässet sich über die Dichte und Masse der elektrischen Flüssigkeit nichts bestimmtes, als nur, daß sie ganz ausserordentlich gering seyn müsse, ausmachen.

Eine Kraft, welche keine Bewegung hervorbringen kann, veranlasset Druck, und die Größe des Drucks steht im Verhältniß der Größe der Kräfte. Wenn z. B. von zwey gespannten Federn, die eine einem Druck von 1 Pfund, die andere einem Druck von 2 Pfunden widerstehen kann, so saget man mit allem Recht, die Kraft der einen Feder sey noch einmahl so groß, als die Kraft der andern Feder. Auch würden, wenn beide losschnellten und gleiche Massen vor sich herschöben, die doppelt so stark gespannte Feder eine doppelt so große Geschwindigkeit erzeugen.

In der Hinsicht ist es also gleichgültig, ob man die Größe der Kräfte durch ihre Pressungen, oder durch die von ihnen erzeugten Geschwindigkeiten messen will. Es ist aber schwer, theoretisch genau die Größe einer in Bewegung begriffenen (sogenannten lebendigen) Kraft mit der Größe einer blos pressenden (todten) Kraft, wie z. B. Stoß und Druck mit einander zu vergleichen. Jene kann man sich als die Summe unzählig vieler bereits erfolgter Kraftäusserungen, diese dagegen als ein stets aufgehobenes und stets wieder erneuertes Bestreben nach Bewegung vorstellen.

Zur Mittheilung einer Bewegung von einem Körper zum Andern ist immer eine gewisse Zeit erforderlich, welche desto kleiner ausfället, je härter die auf einander wirkenden

Körper sind. Hieraus, verbunden mit der Reaction der Körper nach den Gesetzen der Trägheit, erklären sich manche auffallende Erscheinungen.

Durch einen in ihren Angeln frei bewegliche Thüre lässet sich ein Loch schiessen, ohne daß sich die Thüre von der Stelle beweget. Ein Pfeifenstiel lässet sich auf zwei Haaren zerschlagen, ohne Verletzung der Haare, wenn der Schlag geschwind geführet wird. Eine Axt, ein Hammer lassen sich an ihren Stielen befestigen, wenn man die Stiele lose in der Hand hält und stark auf ihr oberes Ende schläget. Ein Stück Geld auf ein Kartenblättchen über die Oeffnung einer Flasche geleget fället zur Flasche hinein, wenn man die Karte seitwärts schnell wegschläget. Dieß alles sind Aeusserungen der Trägheit und des Widerstandes der Körper, wenn sie aus der Ruhe in Bewegung versetzt werden sollen. Da der Widerstand des beweglichen Körpers im Verhältniß seiner Masse und Geschwindigkeit steht, so fället er desto kleiner aus, je kleiner beide sind.

Eine Stubenfliege an einen feinen Faden aufgehänget, kann durch einen mit der Hand geführten Schlag nicht verletzet werden, wohl aber durch das plötzliche Losschnellen einer kleinen Feder. Weiche und elastische Körper sind als solche zu betrachten, deren einzelne Theile für sich beweglich sind.

Daher kann eine auf sie einwirkende Kraft sich ihnen nicht plötzlich, sondern nur nach und nach mittheilen, und wird dadurch gleichsam, wenigstens in den ersten Zeitmomenten, geschwächt, dagegen die Fortpflanzung einer Kraft in einem harten Körper, oder einem solchen, der wegen der Nichtzusammenpreßbarkeit seiner Theilchen dafür gelten kann, urplötzlich Statt findet. Hieraus erklären sich wieder mancherlei auffallende Erscheinungen, wenn eine plötzlich sich entwickelnde Kraft entweder auf harte oder auf weiche und elastische Körper, oder auf eine Verbindung von beiden wirkt.

Eine kleine Pulverladung mitten in einem Faß voll Wasser angezündet, zersprengt das Faß; eine Bombe unter Wasser zerspringend verursacht ein kleines Erdbeben. Wenn der Propfen auf der Ladung eines Feuergewehres nicht fest aufsitzt, so zerspringt leicht der Lauf beym Losfeuern des Gewehres; weil die Kraft des Pulvers früher auf den Lauf, als auf den Propfen wirken kann.

Auf gleiche Weise erkläret sich die Jessopsche Art Steine

durch Pulver zu sprengen, indem man den Schuß des Bohrloches mit losem Sand bedeckt.

Beyspiele von dem Beharrungsvermögen und der Reaction der Körper, wenn sie plötzlich aus der Bewegung zur Ruhe kommen, geben das Vorwärtsfallen der Personen, welche schnell in einem Schiffe fahren, wenn das Schiff plötzlich anstösset; die Wirkung der Schwungräder bey den Maschinen, das ungestümme Toben des Meeres, wenn sich ein anhaltender Wind plötzlich umsetzt, und überhaupt alle mit einem Stoße begleitete Erscheinungen.

Zweiter Abschnitt.

I.

Von der Bewegung im Allgemeinen.

§. 16.

Bey einer jeden Bewegung hat man folgende Dinge zu berücksichtigen:

1) die Kraft wodurch die Bewegung erzeuget wird;

2) das Bewegliche, oder den Körper, welcher in Bewegung gesetzt wird;

3) die Richtung der Bewegung und den beschriebenen Weg;

4) die Geschwindigkeit womit, und die Zeit binnen welcher die Bewegung erfolgt.

Die Kraft kann auf den Körper entweder nur momentan, oder andauernd wirken; im ersten Fall heißt es eine stossende, im andern eine beschleunigende Kraft. Bleibt im letztern Fall die Kraft stets von gleicher Größe, so heißt sie eine beständige Kraft, gegentheils eine veränderliche Kraft.

Der bewegte Körper kann entweder nur als ein Punct, oder als eine Menge von Puncten, als Masse, betrachtet werden.

Im ersten Fall wird der zurückgelegte Weg immer

eine Linie seyn, gerade oder krumm, wonach die Bewegungen in geradlinige, und in krummlinige eingetheilet werden. Besteht der Körper aus einer Menge von beweglichen Puncten, so können sich dieselben alle in parallellen Richtungen, mit gleichen Geschwindigkeiten bewegen, und dann heißt die Bewegung eine fortschreitend gleitende, oder die einzelnen Puncte drehen sich ausser dem Fortschreiten zugleich um eine oder mehrere Axen, und dann heißt die Bewegung eine rollende oder wälzende; ruht die Axe, so heißt die Bewegung eine blos drehende. Die drehenden und rollenden Bewegungen sind zusammengesetzer Art.

Geschwindigkeit heißt der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg. Ist die Geschwindingkeit veränderlich, so muß man zur Zeiteinheit eine verschwindend kleine Zeit wählen, binnen welcher man die Aenderungen der Geschwindigkeit für nichts achten kann.

Bleibt die Geschwindigkeit gleich, so heißt die Bewegung gleichförmig; wächset die Geschwindigkeit, so entsteht eine beschleunigte Bewegung; nimmt die Geschwindigkeit ab, so heißt die Bewegung eine verminderte. Eine gleichförmig beschleunigte oder gleichförmig verminderte Bewegung ist eine solche, worin die Ab- und Zunahmen an Geschwindigkeit in gleichen Zeiten gleich viel betragen.

Von der gleichförmigen Bewegung.

§. 17.

Die folgenden Lehrsätze von der gleichförmigen Bewegung sind für sich klar.

1) Wenn zwei Körper sich mit gleichförmiger Bewegung, aber mit verschiednen Geschwindigkeiten bewegen:

so verhalten sich die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege wie die Geschwindigkeiten.

2) Sind bey den in Bewegung begriffenen Körpern die Geschwindigkeiten gleich, aber die Zeiten ungleich, so verhalten sich die zurückgelegten Wege wie die Zeiten.

3) Sind daher die Zeiten und Geschwindigkeiten bey zwey gleichförmig bewegten Körpern ungleich, so verhalten sich die Wege, wie die Produkte aus den Zeiten in die Geschwindigkeiten.

Man kann sich hierbey das Verhältniß der Geschwindigkeit, so wie das Verhältniß der Zeiten durch Zahlen dargestellet denken, so wird alsdann das Verhältniß der zurückgelegten Wege ebenfalls in Zahlen gegeben seyn. Man könnte sich auch das Verhältniß der Geschwindigkeit in Linien, das der Zeiten in Zahlen vorstellen, so würde das Verhältniß der zurückgelegten Wege durch zwey Linien dargestellet werden, wovon jede die Geschwindigkeit (den Weg in der Zeiteinheit) so viel Mahl enthielte, als die Dauer der Bewegung Zeiteinheiten enthält.

Man könnte sich endlich auch das Verhältniß der Zeiten so wohl als der Geschwindigkeiten durch Linien dargestellet denken, dann würde das Verhältniß der zurückgelegten Wege sich durch Rechtecke construiren lassen, deren Grundlinien den Geschwindigkeiten, und deren Höhen den Zeiten proportional genommen würden.

Es heiße allgemein der zurückgelegte Weg . . . . $= s$
die Geschwindigkeit . . . . $= c$
die Zeit . . . . $= t$
so hat man bey der gleichförmigen Bewegung

$$s = c \cdot t$$

$$t = \frac{s}{c}$$

$$c = \frac{s}{t}$$

Dieselben Sätze gelten auch noch bey ungleichförmigen Bewegungen, wenn man die Zeiten der Bewegung sich so klein denkt, daß während eines solchen Zeitelementes die Veränderung der Geschwindigkeit c, nicht in Betrachtung kommt,

dann kann man sich bey jeder Bewegung den in einem Zeitelement zurückgelegten Weg, als ein Produkt des Zeitelements in die, während desselben Statt findende Geschwindigkeit denken. Will man also bey ungleichförmigen Bewegungen überhaupt aus dem, was in einem Zeitelement erfolget, auf das schliessen, was sich in bestimmten endlichen Zeiten ergiebt, so muß man die Integralrechnung zu Hülfe nehmen.

Hier müssen wir uns auf eine etwas nähere Betrachtung der gleichförmig beschleunigten Bewegung einschränken, die desto wichtiger für uns ist, weil die Schwere auf der Oberfläche unsrer Erde sich überall als eine gleichförmig beschleunigende Kraft äussert.

Von der gleichförmig beschleunigten Bewegung.

§. 18.

Wird ein Körper durch eine Stoßkraft getrieben, so kann er nur der Richtung des Stoßes folgen und behält die ihm mitgetheilte Geschwindigkeit bey, wenn keine andere Kraft in ihn wirkt, er nimmt also den Gesetzen der Trägheit zufolge eine gleichförmige Bewegung an. Wirkt hingegen eine Kraft so auf einen Körper, daß sie ihm in jedem gleichen noch so kleinen Zeittheilchen einen gleichen Zusatz an Geschwindigkeit ertheilet, so muß der Körper eine gleichförmig beschleunigte Bewegung annehmen.

Es ist einerlei, ob die Kraft in dem Körper selbst lieget, wie bey einer losschnellenden Feder, oder ob sie von aussen her in den Körper wirkt, wie wenn Eisen von dem Magneten angezogen wird, vorausgesetzet, daß die obigen Bedingungen eintretten. Wir wollen die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung in einigen kurzen Sätzen zusammenfassen.

1tes Gesetz.

Die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die vom Anfang der Bewegung an verflossenen Zeiten.

2tes. Gesetz.

Die durch eine gleichförmig beschleunigte Bewegung in verschiednen Zeiten zurückgelegten Wege verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten vom Anfang der Bewegung an gerechnet.

3tes Gesetz.

Die durch eine gleichförmig beschleunigende Kraft am Ende einer gegebenen Zeit erzeugte Geschwindigkeit ist so groß, daß, vermöge derselben bey aufhörender Beschleunigung, der Körper, den doppelten Weg in derselben Zeit beschreiben würde, welchen er vom Anfang seiner Bewegung an bereits beschrieben hat.

4tes Gesetz.

Die durch eine gleichförmig beschleunigende Kraft in verschiednen Zeiten beschriebenen Wege, verhalten sich wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten.

Der 1te Satz ist für sich klar, weil er aus dem Begriff einer gleichförmig beschleunigenden Kraft fliesset.

Wenn die Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten gleichen Zusatz erhalten, so müssen sie sich durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, ... wie die vorflossenen Zeiten darstellen.

Das zweite Gesetz lässet sich aus dem ersten auf folgende Weise ableiten. Es mögen sich die im Ganzen während zweier Bewegungen verflossenen Zeiten wie eins zu zwey verhalten. Wir wollen die erste Zeit uns aus 1000 die andere aus 2000 Elementen zusammengesetzet vorstellen, und dabey voraussetzen, während eines Zeitelementes sey die Veränderung der Geschwindigkeit = 0; dann werden die in beiden Zeiten zurückgelegten Wege durch die Summe der Reihe:

$$1 + 2 + 3 \;.\;.\;.\;.\;.\; + 1000$$

$$1 + 2 + 3 \;.\;.\;.\;.\;.\; + 1000 + \;.\;.\;.\;.\;.\; + 2000$$

dargestellet werden, also das Verhältniß $\frac{1001 \cdot 1000}{2}$: $\frac{2001 \cdot 2000}{2}$ geben, welches Verhältniß von dem 1000^2 : $2000^2 = 1^2 : 2^2$ nur um $1/_{1000}$ verschieden ist. Bedenkt man nun, daß man sich der Wahrheit desto mehr nähert, in je mehr Zeitelemente man sich die verflossenen Bewegungszeiten vertheilet vorstellet, und daß die Summe der arithmetischen Reihe sich den Hälften der Quadratzahlen ihrer Endglieder immer mehr nähern, je mehr Glieder sie haben, so geht daraus das zweite Gesetz hervor.

Das dritte Gesetz fliesset aus dem 1ten und 2ten wie folget:

Es mögen die Zahlenreihen

1, 2, 3, 4 die Zeiten

1, 4, 9, 16 die zurückgelegten Wege von einer gleichförmig beschleunigten Bewegung darstellen. Nimmt man die Unterschiede der zweiten Reihe

3, 5, 7, so geben diese Zahlen die in dem zweiten, dritten, vierten Zeitabschnitte u. s. w. beschriebenen Wege an.

Diese Wege werden aus zwey Gründen zurückgeleget, 1) wegen der stets fortdauernden Beschleunigung, die in jedem Zeitabschnitt so viel wie in dem ersten hier = 1 beträget; 2) wegen der bereits erlangten Geschwindigkeit nach dem Gesetze der Trägheit. Nimmt man von jedem Glied der dritten Reihe 1 als die Wirkung der Beschleunigung hinweg, so bleiben die Größen 2, 4, 6 für die erlangten oder Endgeschwindigkeiten nach dem 1ten, 2ten, 3ten Zeitabschnitt übrig. Wirkte diese Endgeschwindigkeit während eines, zwei, drei Zeitabschnitte gleichförmig, so würden dadurch die Räume $1 \cdot 2$, $2 \cdot 4$, $3 \cdot 6$

2, 8, 18.

beschrieben werden, welche doppelt so groß sind, als die in gleichen Zeiten durch die beschleunigte Bewegung beschriebenen Räume 1, 4, 9. Dieß ist das 3te Gesetz.

Das vierte Gesetz folget unmittelbar aus dem 1ten u. 2ten. Denn da sich die Geschwindigkeiten wie die Zeiten, die beschriebenen Räume aber wie die Quadrate der Zeiten verhalten, so müssen sich auch die Räume wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten verhalten. Eben das folget auch aus dem Beweise, welchen wir für das zweite Gesetz geführet haben.

Was wir im Vorstehenden für die gleichförmig beschleunigte Bewegung durch Zahlen bewießen haben, lässet sich noch kürzer durch ein leichte geometrische Construction darthun. Wir haben bey der gleichförmigen Bewegung gesehen, daß der zurückgelegte Weg sich durch ein Rechteck ACBD Fig. 6. construiren lässet, dessen Höhe AE die verflossene Zeit, und dessen Grundlinie CB = AD die Geschwindigkeit darstellet.

Würde die Bewegung mit einer Geschwindigkeit 0 angefangen, und mit der Geschwindigkeit CB gleichförmig beschleuniget, geendiget haben, so würde der in derselben Zeit zurückgelegte Weg durch den Triangel ACB vorgestellet werden. Denn in diesem Fall würde in der halben Zeit die Geschwindigkeit cb = $\frac{1}{2}$ CB, in dem vierten Theil der Theil der Zeit ef = $\frac{1}{4}$ CB gewesen seyn, und die kleinen Trapeze cb, ef, welche für Rechtecke gelten, würden die in den Zeitelementen beschriebenen Wege vorstellen. In einer Zeit, welche doppelt so groß als AC wäre, würde ein Raum = AEF beschrieben werden. Es verhält sich aber ACB : AEF = $AC^2 : AE^2 = CB^2 : CF^2$. Dieß besaget das 2te und 4te Gesetz. Von dem in dem zweiten Zeitabschnitte beschriebenen Weg CEFB, nehme man den der Beschleunigung zugehörigen BCF = ACB hinweg, so bleibt CGEB = 2ACB für den mit der Endgeschwindigkeit CB gleichförmig beschriebenen Weg übrig. Dieß ist das 3te Gesetz.

II.

Vom freien Fall schwerer Körper an der Oberfläche der Erde.

§. 19.

Seit Galiläi's Untersuchungen über die Gesetze des

Falles wissen wir, daß die Schwere wie eine gleichförmig beschleunigende Kraft in die Körper wirkt; es kann daher Alles, was wir oben von der gleichförmig beschleunigten Bewegung bewiesen haben, auf den Fall schwerer Körper angewendet werden, und umgekehret lassen sich durch den Fall der Körper die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung erläutern.

Ein schwerer Körper an einen Faden aufgehängt, spannet den Faden in einer Richtung, welche überall mit der Oberfläche der Erde, wo sie eben ist (wie die Fläche eines stillestehenden Wassers), rechte Winkel macht.

Die Richtungen der Schwere heißen senkrechte oder lothrechte Linien, so wie jene Vorrichtung ein Senkel oder Loth. Was auf ihnen perpendicular steht, heißt horizontal.

Wäre der Erdkörper eine vollkommne Kugel, so würden alle Richtungen der Schwere sich in dem Mittelpuncte vereinigen, da er aber ein unter den Polen abgeplattetes Sphäroid ist, so treffen nur die von dem Aequator und den Polen ausgehenden Lothe genau in dem Mittelpuncte der Erde zusammen, alle übrigen weichen von den aus dem Mittelpuncte nach der Oberfläche gezognen Linien mehr oder weniger ab, doch beträget die größte Abweichung nur etwa 20 Minuten, und wir können sie daher im gemeinen Leben vernachlässigen. Durchschneidet man den Faden eines Lothes, so fället der schwere Körper nach der verlängerten Richtung desselben zur Erde, und zwar mit gleichförmig beschleunigter Bewegung. Sehr genaue Versuche über die Schwingungen des Pendels haben gelehret, daß ein schwerer Körper an der Oberfläche der Erde (des Meeres), in unsern Gegenden (im luftleeren Raume) in einer Secunde der Zeit einen Raum von

$$g = \begin{cases} 15,098 & \text{pariser Fuß} = \\ 4,9044 & \text{Metres} = \\ 15,625 & \text{rheinländische Fuß durchfället.} \end{cases}$$

Nach dem zweyten Gesetz von der gleichförmig beschleunigten Bewegung folget hieraus, daß die Schwerkraft einem fallenden Körper in Zeit von einer Secunde eine Geschwindigkeit von

$$2g = \begin{cases} 30,2 & \text{paris. Fuße} \\ 9,8 & \text{Metres} \\ 31,2 & \text{rhn. Fuße mittheilet.} \end{cases}$$

Diese Zahl oder ihre Hälfte $= g$ kann man als das Maaß der Schwerkraft auf unsrer Erde betrachten, denn eine Schwere, welche einen Körper in derselben Zeit nur halb so tief fallen machte, oder nur die Hälfte der Geschwindigkeit mittheilte, würde auch nur halb so groß seyn.

Fraget man, wie tief ein schwerer Körper in einer gegebenen Zeit fallen würde, so multiplicire man die Quadratzahl der Zeitsecunde mit g. Sucht man umgekehret aus dem Fallraum die Zeit, so dividire man jenen durch g und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel.

Aus der Fallzeit die Endgeschwindigkeit zu finden, multiplicire man erstere mit 2g. Will man aus der Fallhöhe $= h$ die Endgeschwindigkeit finden, so hat man nach dem 4ten Gesetz $\sqrt{15,1} : \sqrt{h} = 2 \times 15,1 : x$ also $x = 2\sqrt{(15,1\, h)}$ in pariser Fußen, oder allgemein $x = 2\sqrt{gh}$.

Suchte man umgekehret aus der Endgeschwindigkeit die zugehörige Fallhöhe, so erhielte man $h = \frac{x^2}{4 \times 15,1} = \frac{x^2}{4g}$.

Es versteht sich, daß man die Beschleunigung der Schwere oder g in jedem beliebigen Maaße ausdrücken könne, wenn man die übrigen davon abhängenden Größen in demselben Maaße nimmt.

Da der freie Fall zu schnell erfolget, um die Gesetze fallender Körper an ihm beobachten zu können, so bedienet man sich hierzu der Atwoodschen Fallmaschine auf folgende Weise. Man denke sich an den beiden Enden des über die Rolle geschlagnen Fadens zwey Waagschaalen von gleichem Gewicht $= q$; fraget man, wie viel Gewicht $= p$ müßte man auf die eine Schaale legen, wenn die beschleunigende Kraft dieses Gewichts $= 1/_{15}$ von der Schwerkraft seyn sollte, so giebt die Formel, $\frac{p}{2q + 1/_2 A} = 1/_{15}$ oder $p = \frac{2q + 1/_2 A}{15}$ die Auflösung, wo A das Gewicht der Rolle bezeichnet. Z. B. es sey $A = 50$ Gran, $q = 10$ Gran, so erhält man für $p = 3$ Gran. Legt man dieß Gewicht auf die eine Schaale, so wird dieselbe in 1 Secunde 1 Fuß
2 Secunden 4 Fuß
3 Secunden 9 Fuß durchfallen. Trift man eine solche Einrichtung, daß das Gewicht p nach der ersten Secunde des Falles plötzlich hinweggenommen wird, so fahret die Waagschaale fort zu sinken, vermöge der durch die vorhergehende Beschleunigung erlangten Geschwindigkeit, und zwar so, daß sie in jeder Secunde 2 Fuß zurücklegt, nach dem 3ten Gesetz.

§. 20.

Wird ein schwerer Körper senkrecht in die Höhe geworfen, so tritt er seine Bewegung mit einer bestimmten Geschwindigkeit an, von welcher die Schwere ihm in jedem Zeitmoment etwas raubt, bis sie dieselbe ganz vernichtet hat. Der Körper muß also mit gleichförmig verminderter Bewegung ansteigen. Hier tretten dieselben Gesetze, nur in umgekehrter Ordnung, wie bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung ein; was hier bey Endgeschwindigkeit war, ist nun die Anfangsgeschwindigkeit. Soll

also ein schwerer Körper eine gewisse Höhe erreichen, so muß seine Wurfsgeschwindigkeit so groß seyn, daß er vermöge derselben allein ohne Schwere die doppelte Höhe erreichen würde.

Es sey z. B. die Wurfsgeschwindigkeit eines lothrecht ansteigenden Körpers = 600 Fuß in einer Secunde. Man fragt wie lange wird er steigen, und wie hoch? Da die Schwere ihm in jeder Secunde 30 Fuß (in runder Zahl) Geschwindigkeit raubt, so wird er $600/30 = 20$ Secunden steigen. In dieser Zeit würde er ohne Schwere mit der Geschwindigkeit von 600 einen Raum von $20 \cdot 600 = 12000$ Fuß beschreiben. Da er aber vermöge der Schwere in eben der Zeit auch $20 \cdot 20 \cdot 15 = 6000$ Fuß fallet, so steiget er wirklich nur 6000 Fuß an. Fället er von derselben Höhe wieder herab, so erlangt er durch den Fall abermals seine Anfangsgeschwindigkeit. (Den Widerstand der Luft bey Seite gesetzt.)

III.

Von der zusammengesetzten Bewegung.

§. 21.

Wenn ein Körper durch eine Kraft allein getrieben wird, so muß er der Richtung dieser Kraft folgen, und kann nur eine gerade Linie beschreiben.

Wirken hingegen auf einen Körper a Fig. 6 zwey Kräfte P und Q zu gleicher Zeit so, daß er vermöge der Kraft P allein den Weg ab, vermöge der Kraft Q allein den Weg ac in einer gegebenen Zeit beschreiben würde, so wird er vermöge der Wirkung von beiden Kräften zugleich den Weg ad beschreiben. Hiervon kann man sich durch folgende Betrachtung überzeugen. Man denke sich unter ab eine feste Linie, und auf derselben den Körper a beweglich. Treibt nun eine Kraft P den Körper auf der Linie durch die Räume a1, 12, 23, 3b indessen eine an-

dere Kraft Q die Linie sich selbst parallel in die Lagen hi, ef, mn, cd führet, so wird der Körper den Weg a k g l d beschreiben. Da sich hierbey die feste Linie blos leidend verhält, so kann sie auch wegbleiben und die Kräfte allein auf den Körper wirkend, müssen dasselbe hervorbringen. Auch wird man sich bald überzeugen, daß wenn auch die beiden Kräfte P und Q nicht unter einem rechten Winkel, sondern wie in Fig. 7 und 8 unter einem spitzen oder stumpfen Winkel wirken, die aus ihnen hervorgehende mittlere Kraft M doch stets durch die Diagonale des Parallelogramms, welches man aus den Kräften P u. Q construiret, dargestellet werde. Die Kräfte P und Q heißen die Seitenkräfte, die mittlere Kraft M auch die aus den Seitenkräften resultirende Kraft.

So wie man sich die mittlere Kraft aus der vereinigten Wirkung der Seitenkräfte entstanden denken kann, eben so kann man umgekehret eine jede Kraft als eine mittlere ansehen, und sie in Seitenkräfte zerlegen.

Die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte ist eine von den wichtigsten in der Mechanik, und aus ihr erklären sich eine Menge Erscheinungen. Hiervon nur einige Beyspiele.

Wenn eine Kraft wie CB Fig. 9 unter einem sehr spitzen Winkel auf einen Körper AB triffet, so wird ihr wirksamer Theil nur durch die Größe DB = AC dargestellet, welcher dem Sinus des Einfallswinkels n proportional ist. Daher die geringe Wirkung des Sonnenlichtes im Winter bey niedrig stehender Sonne; daher die starke Zurückstrahlung des Lichtes von durchsichtigen Körpern, wenn der Einfallswinkel sehr klein ist. Auch die Gleichheit des Einfalls- und Reflexions-Winkels erkläret sich aus der Zusammensetzung der Kräfte. Wenn ein elastischer Körper in der Richtung ac auf einen festen Widerstand A B Fig. 10 triffet, so denke man sich ac aus den Kräften bc, ec zusammengesetzet, blos der Theil ec wirkt stossend auf AB, und diese Kraft wird durch die Wirkung der Elasticität dem beweglichen Körper in entgegengesetzter Richtung

ce mitgetheilet; da zugleich die Kraft bo, nach cd fortdauert, so setzet sich eine neue Bewegung nach cf zusammen, und wegen der Gleichheit der Dreiecke acb, fcd sind auch die Winkel bey c gleich.

Man denke sich in B Fig. 9 einen nach B A bewegten Körper, wie z. B. die Hand eines Menschen, welcher in einem Schiffe fähret, zugleich werde ein anderer beweglicher Körper (ein Ball), der an ersterer Bewegung Theil nimmt, lothrecht in die Höhe getrieben, so wird die Bewegung dieses Körpers nach B C erfolgen, und wenn der erste Körper in A ist, wird der zweite in C seyn. Daher kann man so gut fahrend wie ruhend Ball spielen, darum fället ein Stein aus dem Mastkorbe am Mastbaume anscheinend lothrecht herab, wenn gleich das Schiff mit vollen Segeln fortgeht.

Auch erklären sich hieraus die Künste der englischen Reuter, so wie eine Menge ähnlicher Erscheinungen.

Versuche zur Erläuterung der zusammengesetzten Bewegung mit der Eberhardschen Diagonalmaschine, mit der Percussionsmaschine, an welcher zwey Hämmer zu gleicher Zeit unter einem bestimmten Winkel und mit gegebener Geschwindigkeit auf eine Kugel treffen, welche auf einer horizontalen Tafel beweglich ist.

IV.

Von der krummlinigen Bewegung.

§. 22.

Eine krummlinige Bewegung ist eine solche, welche ihre Richtung in jedem Augenblick verändert, und da eine Richtungsveränderung nicht ohne Kraft erfolgen kann, so ist eine jede krummlinige Bewegung, als eine fortdauernd aufs Neue zusammengesetzte Bewegung zu betrachten. Es wirke auf einen Körper a Fig. 11 eine Kraft nach ab und zugleich eine nach ac, so wird der Körper mit zusammengesetzter Bewegung den Weg ad beschreiben, und in der folgenden gleichen Zeit würde er den gleich großen Weg dk zurücklegen, kommt aber eine neue ablen-

kende Kraft de hinzu, so beschreibt er statt dk, df, und wenn hier abermals die ablenkende Kraft fg hinzutritt, so beschreibt er den Weg fi. Die gebrochne Linie ad fi verwandelt sich in eine krumme Linie, wenn man sich die ablenkenden Kräfte nicht stoßweiße sondern ununterbrochen wirkend, also in unendlich kleinen Zeitabschnitten auch verschwindend klein denkt.

Sind alle ablenkenden Kräfte nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunct m gerichtet, so heißt die ablenkende Kraft eine Centralkraft, und die krummlinige Bewegung eine Centralbewegung.

Bey jeder Centralbewegung findet das Gesetz Statt, daß die Flächenräume, welche von den Radien am, md, mf (den radiis vectoribus) in gleichen Zeiten beschrieben werden, einander gleich sind. Dieß erhellet aus folgender Betrachtung.

Die Dreiecke amd, dmk haben gleiche Grundlinien, und ihre Spitzen in dem Mittelpuncte m, sind folglich gleich; die Dreiecke dmk, dmf sind gleich, weil sie die gemeinschaftliche Grundlinie md, und ihre Spitzen k, f in einer Parallellinie mit der Grundlinie haben. Also ist auch △ Triangel amd = dmf. Sind die Abstände der Puncte a, d, f, i von dem Mittelpuncte der Bewegung alle gleich, so sind auch die Winkelgeschwindigkeiten, und die in gleichen Zeiten beschriebenen Bögen einander gleich. Dieß findet nur bey der Kreißbewegung Statt, sie ist daher unter allen krummlinigen Bewegungen die einzige, welche mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschrieben wird. Die allgemeine Theorie von den krummlinigen Bewegungen lässet sich ohne Kenntniß der höhern Geometrie vorauszusetzen nicht geben, daher müßen wir uns hier auf die Bewegung im Kreiße einschränken. Doch bemerke man fol-

gendes: Es lässet sich darthun, daß die krumme Linie, welche ein von einer Centralkraft getriebener Körper beschreibt, ein Kegelschnitt seyn müsse, wenn die Centralkraft nach dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen wirkt; welche Art von Kegelschnitt es sey, hängt dann von dem Verhältnisse der ursprünglichen Wurfsgeschwindigkeit ab zur Centralkraft ac ab.

Von der Schwungkraft.

§. 23.

Es bezeichne Fig. 12 einen Kreiß, welcher von einem Körper in der Richtung afg beschrieben werde. In dem Augenblick, wenn der bewegliche Körper in a angelanget ist, hat er vermöge der Trägheit ein Bestreben sich nach der Richtung der Tangente ab zu entfernen; thäte er dieß wirklich, so würde er auch von der Kreißbahn um die Größe db abkommen. Soll dieß nicht geschehen, und der bewegliche Körper in der Kreißbahn beharren, so muß in jedem Puncte der Bahn zu der Tangentialgeschwindigkeit ab eine Kraft ae = bd kommen, welche den Körper nöthiget den Bogen ad zu beschreiben. Man nennet die Kraft ac, oder vielmehr das ihr entgegengesetzte Bestreben des Körpers sich von dem Mittelpuncte der Bahn zu entfernen, die Schwungkraft. Die Größe dieser Kraft wird durch den Quersinus des Bogens ad dargestellet. Unter dem Bogen ad kann man sich den in der Zeiteinheit beschriebenen Weg, also die Geschwindigkeit denken. Nimmt man die Zeit klein, so wird der Bogen ad ein Element des Umfanges und sein Sinus versus ist $= \frac{ad^2}{2r}$.

Die Schwungkraft ist gleich dem Quadrate der Ge-

schwindigkeit, dividiret durch den Durchmesser des Kreißes. Wenn sich daher zwei Körper in verschiednen Kreißen mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegen, so verhalten sich ihre Schwungkräfte direct wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, und verkehret wie die Halbmesser der Kreiße.

§. 24.

Hieraus folget ferner: wenn zwey Kreiße von verschiednen Halbmessern r, und R in gleichen Zeiten beschrieben werden, so stehen die Schwungkräfte im Verhältniß der Halbmesser. Man heiße die Umlaufsgeschwindigkeiten c, C, die Schwungkräfte v, V, so hat man nach §. 23. $v : V = \frac{c^2}{2r} : \frac{C^2}{2R}$. Da aber hier die Geschwindigkeiten in dem Verhältnisse der Halbmesser stehen, weil sie sich wie die Kreißumfänge verhalten, so geht obiges Verhältniß in $v : V = \frac{r^2}{2r} : \frac{R^2}{2r} = r : R$ über.

Man nennet $v = \frac{c^2}{2r}$ das Maaß der Schwungkraft, in dem man sich unter c den in einer Zeitsecunde im Kreiße beschriebenen Weg denkt.

Soll die Schwungkraft der Schwerkraft gleich seyn, so hat man aus §. 19 $g = \frac{c^2}{2r}$, oder $c^2 = 2rg$, $c = \sqrt{2rg}$, woraus sich die Umlaufsgeschwindigkeit für einen Kreiß von gegebenem Halbmesser berechnen lässet.

Man könnte zweifeln, ob der Ausdruck $v = g = \frac{c^2}{2r}$ noch seine Anwendung finde wenn der in einer Zeitsecunde zurückgelegte Weg c so groß ausfiele, daß man ihn nicht mehr als ein Element des Kreißes betrachten dürfe. Um diesem

Zweifel zu begegnen, wollen wir annehmen, es sey c = af Fig. 12, und uns einen Kreiß von einem so großen Halbmesser = R denken, daß der gleiche Bogen a F als ein Element dieses Kreißes betrachtet werden könne. Hier wird daher die Schwungkraft $= \frac{c^2}{2R}$ seyn. Nun verhält sich die Schwungkraft im großen Kreiße zur Schwungkraft im kleinen = r : R, welches Verhältniß wir $= \frac{1}{n}$ setzen, und zugleich annehmen wollen, die Schwerkraft sey nmal größer als die Schwungkraft im großen Kreiße: so folget $n \cdot \frac{c^2}{2R} = \frac{c^2}{2r} = g$, aber eben so groß ist auch die Schwungkraft im Kreiße vom Halbmesser r.

Anwendung dieser Lehre auf die Größe der Schwungkraft an der Oberfläche der Erde. Ein Punct des Aequators beschreibt in einer Zeitsecunde einen Bogen von $\frac{360.\ 60.\ 60}{24.\ 60.\ 60}$ = 15 Secunden, welcher in Theilen des Halbmessers = 0,000072722 beträget. Multiplicirt man diese Zahl mit 3.271408 Toisen als dem Halbmesser des Erdäquators, so erhält man 237,903 Toisen, deren Quadrat durch den Durchmesser der Erde dividiret für den Quersinus jenes Bogens oder die Größe der Schwungkraft unter dem Aequator 0,00865 Toisen = 0,0519 pariser Fuß giebt.

Nun ist das Maaß der Schwerkraft nach §. 18. 15096 par. Fuß, daher die Schwungkraft unter dem Aequator, wo sie am größten ist nur $^1/_{290}$ der Schwere. Uebrigens läßet sich zeigen, daß die Zunahme der Schwere von dem Aequator an nach den Polen wegen der verminderten Schwungkraft im Verhältnisse der Quadrate der Sinusse der Breiten stehen. Fragte man wie viel Mahl schneller müßte sich die Erde um ihre Axe drehe, wenn die Schwungkraft unterm Aequator der Schwere gleich kommen sollte, so beantwortet dieß die Proportion

$^1/_{290} : 1 = 1^2\ x^2$

giebt $x = \sqrt{290} = 17$ sehr nahe.

Die Lehren von der Schwungkraft lassen sich durch Versuche mit der Schwungmaschine erläutern.

Die wesentlichsten Theile einer Schwungmaschine bestehen in einem mit einer Rolle durch ein Seil ohne Ende verbundenen Rade Fig. 13. Am Rade A befindet sich ein Griff H,

wodurch das Rad schnell mit der Hand umgedreht werden kann; dann läuft die Rolle B um so viel geschwinder herum, je kleiner ihr Halbmesser gegen den Halbmesser des Rades ist. Rad und Rolle müssen sich genau in einer horizontalen Ebene drehen. Auf die Axe der Rolle c werden die verschiednen Körper gesteckt, welchen man durch schnelle Umdrehung Schwungkraft ertheilen will.

1ter Versuch.

acb. Fig. 13 * sey ein Rahmen von Holz oder Metall, welcher mit seinem Mittelpunctszapfen auf die Axe der Rolle B Fig. 13 gesteckt werden kann. Von a nach b denke man sich einen Clavierdrath angespannet, über welchen sich zwey Kugeln von verschiednen Massen m, m frei hin und her bewegen lassen, überdieß müssen beide Kugeln durch einen Faden verbunden seyn, daß sich keine ohne die andere bewegen kann. Giebt man beiden Kugeln solche Abstände von dem Mittelpuncte der Bewegung, welche in dem verkehrten Verhältnisse ihrer Massen stehen; so werden die Kugeln ruhig stehen bleiben, wenn auch die Maschine noch so schnell umgedrehet wird. Verrückt man hingegen eine oder die andere Masse nach a oder b zu, und dreht schnell um, so werden beide Kugeln nach der Gegend der Verrückung hinausfahren. Dieser Versuch beweißt 1) daß die Schwungkräfte im Verhältnisse der Halbmesser der Kreiße stehen, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden; 2) daß die bewegenden Kräfte im zusammengesetzten Verhältnisse der Massen und der beschleunigenden Kräfte sind.

2ter Versuch.

Man befestige auf der Axe der Rolle einen vertical stehenden Rahmen Fig. 14, innerhalb welchem ein Gewicht p auf und nieder beweglich ist. Von dem Gewicht gehe ein Faden über die Rollen a und b nach einer Kugel m die auf der Scheibe der Schwungmaschine ruht. Dreht man schnell genug um, so wird die Schwungkraft der Kugel m das Gewicht p heben.

3ter Versuch.

Eine Abänderung des vorigen Versuchs ist folgender. Man befestige zwey oben und unten verschlossene Glasröhren, in welche man etwas Quecksilber oder auch mehrere sich nicht mit einander vermischende Flüssigkeiten gebracht hat, so in einer geneigten Lage, daß man sie durch den Mittelpunctszapfen c auf die Axe der Schwungmaschine stecken kann. Dreht man die Maschine schnell um, so steiget das Quecksilber

in beiden Röhren von dem untern Raume a nach b und d hin. Sind mehrere Flüssigkeiten in den Röhren enthalten, so ordnen sie sich durch die Schwungkraft von unten nach oben im verkehrten Verhältnisse ihrer Dichten. Um die Wirkungsart der Kräfte hierbey klarer zu übersehen, denke man sich die Schwere nach be in die Seitenkräfte bf und bh, die Schwungkraft nach bx in die Kräfte by und bz zerleget. Von der Schwungkraft wirkt der Theil, welcher sich zum Ganzen verhält = by : b x = ae : ab; von der Schwere der Theil $\frac{fb}{be} = \frac{be}{ab}$. Daher für den Zustand des Gleichgewichts $v \cdot \frac{ae}{ab} = p \cdot \frac{be}{ab}$

$v \cdot ae = p \cdot be$

$v : p = be : ae$

Die Schwungkraft v wächset mit der Entfernung ae. Soll sie einerlei Verhältniß gegen die relative Schwere behalten, so muß $ae^2 = p \cdot be$ seyn. Dann ist die Linie ab eine Parabel, deren Scheitel in a, und deren Axe vertical steht.

Man kann sich der Schwungkraft als bewegender Kraft bedienen, um schwere Körper zu heben. Hierher gehören die Saug- Schwung- und Heb-Maschinen. Auch beruht die große Kraft der electrischen Wirbelwinde (Wasser- und Wind-Hosen) zum Theil auf der durch sie erzeugten Schwungkraft. Wenn man die Oberfläche des Wassers in einem Gefäße in eine schnelle Kreißbewegung bringt, so vertiefet sich die Mitte, und das Wasser am Rande des Gefäßes steigt an, weil es vermöge der Schwungkraft leichter wird.

Ein schwerer Körper, welchen man auf den innern Umfang eines Haspels leget, fället nicht herab, wenn man den Haspel schnell genug umdreht.

V.

Von der Wurfbewegung schwerer Körper an der Oberfläche der Erde.

§. 25.

Wenn ein schwerer Körper durch eine Wurfkraft in horizontaler Richtung mit einer gewissen Geschwindigkeit

ab Fig. 16 fortgetrieben wird, so würde er vermöge dieser Kraft allein nach den Gesetzen der Trägheit (§. 13) eine gerade Linie abcb mit gleichförmiger Bewegung beschreiben. Vermöge der Schwere allein würde der Körper in lothrechter Richtung mit beschleunigter Bewegung die Wege ad, af zurücklegen, welche sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten (§. 19). Daher muß der Körper vermöge beider Kräfte zugleich in der krummen Linie aeg gehen, bey welcher die lothrechten Ordinaten be, cg sich wie Quadrate der horizontalen Abscissen ab, ac verhalten. Diese krumme Linie ist, wie die höhere Geometrie lehret, eine Parabel, a ihr Scheitel und die Richtung des Wurfes eine Tangente an dem Scheitel. Wenn die Geschwindigkeit des Wurfes und die Dauer der Bewegung gegeben sind, so lässet sich daraus die Weite des Wurfes fg = ac, so wie die lothrechte Senkung des geworfenen Körpers bestimmen. Jene findet man durch das Produkt der Zeit in die Wurfsgeschwindigkeit, diese, wenn man das Quadrat der Zeit in Secunden ausgedrückt mit der Beschleunigung der Schwere multipliciret. Z. B. Es betrage die Wurfsgeschwindigkeit 1000 par. Fuße in einer Secunde, die Dauer der Bewegung eine halbe Secunde, so beträget fg = 500 Fuße, cg = $\frac{1}{4} \cdot 15 = 3\frac{3}{4}$ Fuße. Alles unter der Voraussetzung, daß kein Widerstand der Luft vorhanden sey.

Aus der Theorie der parabolischen Wurflinie folget, daß kein schwerer Körper sich in einer geraden Linie von a nach b bewegen könne; es sey denn, daß die Geschwindigkeit des Wurfes gegen die Schwere unendlich groß angenommen werden dürfte. Dieß ist der Grund, warum man bey den Schießgewehren die Visire hinten etwas höher als vornen macht, welches Fig. 17 erläutert. ab bezeichnet die verlängerte Axe des Schießgewehres, afd die Bahn der Kugel, ced die Visirlinie, ac, ie die unterschiednen Höhen der beiden Visiren, welches man die Einrichtung des Gewehres nennet. Die Einrichtung

passet eigentlich nur für eine bestimmte Schußweite, weil sich die Senkungen bd nicht wie die Schußweiten, sondern wie die Quadrate derselben verhalten.

§. 26.

Wird ein schwerer Körper in einer gegen dem Horizont geneigten Richtung geworfen, so bewegt er sich wiederum in einer Parabel, deren Scheitel E Fig. 18 in dem höchsten Puncte der Bahn lieget, und von welcher die Richtung des Wurfes AC eine Tangente in A ist.

Bezeichnet A C zugleich die Richtung und die Geschwindigkeit des Wurfes, so kann man dieselbe in eine horizontale Geschwindigkeit AD, und in eine verticale AB zerlegen. Die erste dauert ungeschwächt fort, der andern wirkt die Beschleunigung der Schwere Bx in jedem Zeitmoment entgegen, bis sie dieselbe ganz vernichtet hat, welches in unserm Beyspiel, wo $AB = 4Bx = 4g$ ist, schon nach der zweiten Secunde geschieht. Der schwere Körper steigt mit gleichförmig verminderter Bewegung von A nach x und B an, indessen er zugleich mit gleichförmiger Bewegung von A nach D und I horizontal fortrückt; er wird sich also nach der ersten Zeitsecunde in F, nach der zweyten in E befinden, welches auch daraus erhellet, weil er vermöge der Wurfsgeschwindigkeit allein mit gleichförmiger Bewegung die Räume AC, CL beschreiben würde, indessen er nach den Gesetzen des lothrechten Falles die Wege CF, LE zurückleget, welche sich wie die Quadrate von AC, CL verhalten. Dieß bezeichnet die krumme Linie als eine Parabel. In E ist die Richtung der Bewegung horizontal, weil alle verticale Geschwindigkeit vernichtet ist. Von hier an fället der Körper durch den Bogen EGH eben so mit beschleu-

nigter Bewegung herab, wie er mit verminderter durch A, F, E angestiegen ist. Will man die größte Höhe des Wurfes E J, so wie die größte Weite desselben AH finden, so dividire man die verticale Geschwindigkeit mit dem doppelten Fallraum in einer Secunde, dieß giebt die Zeit des Aufsteigens so wie des Falles in Secunden. Das Quadrat dieser Zeit mit dem Fallraum in einer Secunde multipliciret, oder die halbe Anfangsgeschwindigkeit mit der Zeit, giebt die Höhe JE, das doppelte der Zeit mit der horizontalen Geschwindigkeit vermehret giebt die Weite AH. In H hätte der Körper wieder die Anfangsgeschwindigkeit von A, wenn kein Widerstand der Luft da wäre. Man kann sich leicht durch Zeichnung so wie durch Rechnung versichern, daß bei einerlei Wurfsgeschwindigkeit AC, die Höhe des Wurfes desto größer ausfället, je größer der Winkel CAD ist. Die größte Weite erreicht der Wurf wenn der Winkel 45° ist; gleiche Veränderungen des Winkels über oder unter 45° geben gleiche Verminderungen der Wurfsweite.

Nimmt man den Neigungswinkel CAD $= n$, die Geschwindigkeit des Wurfs $= c$, so ist $c \cdot \text{Sin} \cdot n$ die verticale, und $c \cdot \text{cosin} \cdot n$ die horizontale Geschwindigkeit. Es sey z. B. $c = 600$ par. Fuß der Neigungswinkel $= 45°$, so ist die horizontale wie die verticale Geschwindigkeit $= 420$ Fuß, welche durch 30 dividiret für die Zeit des Ansteigens 14 Secunden giebt, und für die größte Höhe des Wurfs $\frac{14 \cdot 420}{2}$ $= 2940$ Fuß, für die größte Weite $28 \cdot 420 = 11760$ Fuß.

Die Versuche zur Erläuterung dieser Sätze stellet man am besten mit Strahlen flüssiger Körper an, welche in hohen Gefäßen durch ihren eigenen Druck gepresset seitwärts aus kleinen Oeffnungen in verschiednen Richtungen hervorspringen. Die Theorie der Wurflinien mit Betrachtung des Widerstandes der Luft ist eines der schwierigsten Probleme der Mechanik, wegen der veränderlichen Beschaffenheit der Luft.

Dritter Abschnitt.

Vom Gleichgewichte und der Bewegung von Kräften an festen Körpern.

Vom Gleichgewichte der Kräfte am Hebel und den sogenannten einfachen Maschinen.

§. 27.

Unter einem mathematischen Hebel denkt man sich eine feste gerade Linie, an einem ihrer Puncte c, unterstützt, auf welche Kräfte wirken, die sie in entgegengesetzten Richtungen zu drehen streben. Die Entfernungen der Angriffspuncte der Kräfte von dem Unterstützungspuncte heißen die Aerme des Hebels wie ca, cb Fig. 19. Ein physischer Hebel ist jede schwere Stange auf ähnliche Art wie der mathematische Hebel unterstützet. Hierbey kommt ausser den auf den Hebel wirkenden Kräften auch das Gewicht der Stange in Betrachtung, wovon wir vorerst absehen wollen.

1ter Satz.

Gleiche Kräfte in gleichen Entfernungen vom Unterstützungspuncte, halten am Hebel einander das Gleichgewicht.

Es sey $P = Q$, $cb = ca$ Fig. 19.

Wenn eine von beiden Kräften z. B. P den Hebel in Bewegung setzte, so würde b die Geschwindigkeit bB, a die gleichgroße Geschwindigkeit aA annehmen, und die Größen der Bewegung beider Kräfte würden nach §. 15. P . bB und Q . aA seyn; sollen sie gleich seyn, so muß, weil bB = aA ist, auch P = Q seyn. Da aber gleiche Größen der Bewegung, wenn sie einander entgegengesetzet sind, sich einander aufheben, so müssen auch hier, wo die Bestrebungen der Kräfte P und Q nach Bewegung einander entgegengesetzet sind, diese Kräfte mit einander im Gleichgewicht seyn.

2ter Satz.

Ungleiche Kräfte am Hebel halten einander das Gleichgewicht, wenn sie im verkehrten Verhältnisse ihrer Entfernungen vom Unterstützungspuncte stehen.

Es bezeichne acb Fig. 20 einen Hebel, dessen Aerme ca, cb in einem beliebigen Verhältnisse 1 : n stehen. Wenn hier Bewegung erfolgte, so würden auch die Geschwindigkeiten aA, bB in dem Verhältnisse von 1 : n stehen, und die Größen der Bewegungen würden Q . aA und P . bB seyn. Setzt man diese Producte einander gleich, oder nimmt man Q : P = bB : aA = n : 1, so kann man sich dem Verhältnisse n : 1 unbeschadet die Glieder bB, aA verschwindend klein denken, d. i. die Bestrebungen nach Bewegung werden in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen einander gleich, folglich die Kräfte P, Q selbst mit einander im Gleichgewicht seyn, weil jene Bestrebungen nach entgegengesetzten Richtungen liegen.

Es ändert in dieser Betrachtung nichts, wenn die Kräfte so geordnet sind, wie Fig. 21, wo die beiden Aerme des Hebels ca, cb von der Unterstützung c aus nach einer Seite liegen, die Richtungen der Kräfte aber einander ent-

gegengesetzt bleiben. Ein solcher Hebel heißt ein Hebel der zweyten Art, so wie der vorhin betrachtete, ein Hebel der ersten Art.

Man nennet die Produkte aus den Kräften in die Hebelärme auch die statischen Momente, und saget: Kräfte am Hebel seyen mit einander im Gleichgewicht, wenn ihre statischen Momente gleich sind.

Der Theorie nach kann man an dem Hebel jede Last mit jeder Kraft in's Gleichgewicht bringen, nur müßte, wenn das Verhältniß $1 : n$ unendlich groß wäre, auch der Hebelarm der Kraft gegen den Hebelarm der Last unendlich groß werden.

Es ändert ferner nichts in dem Verhältnisse des Gleichgewichts der Kräfte, wenn man sich die beiden Aerme des Hebels nicht in einer geraden Linie, sondern unter einem Winkel zusammenstossend denkt, wie Fig. 22. Immer werden die Bestrebungen nach Bewegung einander gleich bleiben, wenn $P \cdot bB = Q \cdot ca$ genommen werden. Ein solcher Hebel heißt ein Winkelhebel.

Wirken die Kräfte nicht perpendicular, sondern unter schiefen Winkeln auf den Hebel wie, Fig. 23, so gelten die perpendicularen Abstände cB, cA, von dem Drehungspuncte auf die Directionslinien der Kräfte, nicht cb, ca, für die wahren Hebelärme. Dieß erhellet aus folgender Betrachtung: man denke sich die Kraft P in die Seitenkräfte p' und p, die Kraft Q in q' und q zerleget, die Kräfte p' und q' fallen in die Richtung des Hebels, und drehen gar nicht, die andern sind im Gleichgewicht, wenn

$$p \cdot cb = q \cdot ca$$

Nun ist aber auch $P : p = cb : cB$

also $p \cdot cb = P \cdot cB$

ebenso $q : Q = cA : ca$

oder $q \cdot ca = Q \cdot cA$

Die beiden letzten Gleichungen mit der ersten verbunden, geben für die Bedingung des Gleichgewichts zwischen Q u. P, $Q \cdot cA = P \cdot cB$.

Aus dieser Betrachtung erhellet zugleich, daß man von der Wirkung einer Kraft desto mehr verliere unter einem je schiefern Winkel sie gegen ihren Hebelarm gerichtet ist.

Erläuterung dieser Sätze durch den physikalischen Hebel, der in seinem Schwerpunct unterstützet ist, dessen Gewicht daher nicht wirken kann. Beyspiele von Anwendungen des Hebels geben die Scheeren, Zangen, Brecheisen, Pickel, Anker u. dergl. mehr.

Rolle und Flaschenzug.

§. 28.

Auf den Hebel lassen sich zurückführen die Rolle und das Rad an der Welle. Unter der Rolle versteht man eine um ihren Mittelpunct drehbare kreißförmige Scheibe, über deren Umfang ein Seil geschlagen ist, an dessen Enden die Kräfte wirken. Die Rolle, deren Axe fest unterstützt ist, heißt eine feste Rolle Fig. 24, die Rolle, deren Axe selbst beweglich ist, eine bewegliche Rolle Fig. 25.

Die feste Rolle wirkt entweder wie ein gerabliniger Hebel acb, wo P die Last, Q die Kraft, oder wie ein Winkelhebel acd, wenn dv die Richtung der Kraft bezeichnet. In beiden Fällen sind Kraft und Last einander gleich, weil sie an gleichen Hebelärmen wirken. Die feste Rolle dienet nur dazu, der Kraft jede beliebige Richtung zu geben.

Bey der beweglichen Rolle Fig. 25 muß man sich das Seil um die untere Hälfte adb der Rolle geschlagen und an einem festen Punct f angeknüpfet denken, indessen die Kraft am andern Ende des Seiles wirkt, die Last P hängt an der Fassung der Rolle cd, lothrecht unter dem Mittelpunct c. Hier verhält sich Kraft und Last, oder v : P = 1 : 2. Denn in dem ersten Augenblick der Bewegung kann man sich den Punct a so gut wie f als fest denken, und die Hebelärme von Kraft und Last sind ab, ac, woraus jenes Verhältniß folget (§. 27).

Eine Verbindung von mehreren festen und beweglichen Rollen heißt ein Flaschenzug. Man unterscheidet den gemeinen Flaschenzug Fig. 26 und den Potenzenflaschenzug Fig. 27. Bey dem gemeinen Flaschenzug sind alle beweglichen Rollen in der untern Fassung (oder Flasche) A, alle festen Rollen in der obern Fassung B befindlich. Die ganze untere Fassung ist mit der Last P, welche von ihrer Mitte herabhängt, beweglich, die ganze obere Fassung muß man sich als fest denken. Von einem Punct C derselben, geht das Seil herab über die erste bewegliche Rolle, von da hinauf über die erste unbewegliche Rolle, dann wieder herab zur zweiten beweglichen Rolle, dann wieder hinauf zur zweiten unbeweglichen Rolle, und so weiter bis es sich bey v wo die Kraft wirkt, endiget. Um das Verhältniß von Kraft zur Last zu finden, theile man die Last durch die Anzahl aller Seile, an welchen die untere oder bewegliche Flasche hänget; denn da die Last P in der Mitte von allen Seilen herabzieht, so träget jedes gleich viel von der Last; die Kraft v, hält aber nur denjenigen Theil von der Last, welchen das Seil Q träget. In unserm Beyspiel wäre v : P = 1 : 4.

Bey dem Potenzenflaschenzug Fig. 27 hängt die Last P an dem Gehäuse oder der Axe der ersten beweglichen Rolle herab, das Seil, welches diese Rolle träget, ist mit dem einen Ende an das feste Gestelle A, mit dem andern an die Axe der folgenden beweglichen Rolle geknüpfet. Eben so verhält es sich mit den Seilen aller übrigen beweglichen Rollen; daher ist jeder Zeit die Kraft Q der vorhergehenden Rolle, als Last für die folgende bewegliche Rolle zu betrachten. So nach halbiret sich die Last so viel Mahl als bewegliche Rollen da sind, bis zuletzt das Ende des letzten Seiles über die unbewegliche Rolle B geführet wird, wodurch die Kraft v nur eine Richtungsänderung nach unten erhält. Daher ist das Verhältniß von Kraft zu Last, wie 1 zu derjenigen Potenz von 2, deren Exponent die Zahl der beweglichen Rollen ausdrückt. In unserm Beyspiel

$$v : P = 1 : 2^3 = 1 : 8$$

Bey dem gemeinen sowohl wie bey dem Potenzenflaschenzug, so wie überhaupt bey allen Maschinen, verhalten sich für den Zustand des Gleichgewicht's (ohne Rücksicht auf Reibung und andere Hindernisse der Bewegung) Kraft zu Last, verkehret wie die Geschwindigkeiten, welche sie bey wirklich erfolgender Bewegung annehmen würden. Daher verlieret man immer das an der Geschwindigkeit oder der Zeit, was man an der Kraft gewinnt, die Einrichtung der Maschine sey, welche sie wolle.

Rad an der Welle, Rad und Getriebe.

§. 29.

Wenn mit einem Rad A Fig. 28 eine Welle oder Cylinder B so verbunden ist, daß sich keins ohne das andere, um die gemeinschaftliche Axe c drehen kann, so heißet eine solche Verbindung ein Rad an der Welle.

Denkt man sich die Last P an dem Umfang der Welle,

die Kraft Q an dem Umfang des Rades, so verhält sich für den Zustand des Gleichgewichts Kraft zur Last, wie der Halbmesser Welle ca zum Halbmesser des Rades cb. Große Räder sind also wirksamer als kleine bey gleicher Dicke der Wellen.

Wenn ein Rad B Fig. 29 mittelst Zähnen oder Erhebungen zwischen die Zähne oder Vertiefungen eines andern Rades A so eingreifet, daß sich keines ohne das andere umdrehen kann, so heißet dieß ein Rad und Getriebe. Dasjenige Rad B, an welchem man sich die bewegende Kraft denkt (gemeiniglich das kleinere) heißt Trieb, das andere Rad. Da die Zähne des Trieb's in die Zwischenweiten der Zähne des Rad's, und umgekehret dessen Zähne in die Zwischenräume des Triebs passen müssen; so folget hieraus, daß die Weite von der Mitte eines Zahnes zum nächsten in Rad und Trieb einander gleich seyn müsse. Daher verhält sich die Zahl der Zähne des Rades zur Zahl der Zähne des Trieb's wie der Umfang oder Halbmesser des Trieb's zum Umfang oder Halbmesser des Rads. Das Trieb B kommt daher so viel Mahl geschwinder herum als das Rad A, wie viel Mahl sein Halbmesser in dem Halbmesser des Rads enthalten ist. Wäre mit dem Trieb B als Welle ein Rad D verbunden, an welchem die Kraft v wirkte, mit dem Rad A eine Welle C an deren Umfang die Last Q befindlich, und man suchte das Verhältniß von Kraft und Last: so bemerke man, daß nach der Theorie vom Rad an der Welle sich die Kraft x am Zahn des Triebs B, also auch am Zahn des Rades A, zu V wie $R' : r'$ verhält, und daß wiederum $Q : x$ wie $R'' : r''$ ist. Daher $v : Q = r' . r'' : R' . R''$.

Allgemein; die Kraft v an dem ersten Rad verhält sich zur Last Q an der letzten Welle, wie das Produkt der

Halbmesser aller Wellen zum Producte der Halbmesser aller Räder. Das umgekehrte Verhältniß giebt das Verhältniß der Geschwindigkeiten von Kraft und Last an.

Auf die Theorie des Rads an der Welle lassen sich die Wirkungen der Wasserräder, Windräder, Treträder, Kurbeln, Haspeln, Winden zurückführen, so wie auf Rad und Trieb, alle in einander greifende Zahnräder.

Von dem Schwerpuncte.

§. 30.

In jedem schweren Körper giebt es einen Punct, worin man sich die Schwerkraft des ganzen Körpers vereinigt denken kann; dieser Punct heißt der Schwerpunct. Ist derselbe unterstützt, so ruht der Körper, wo nicht, so fällt der Körper, indem sein Schwerpunct fället. Hiervon kann man sich durch die folgende Betrachtung überzeugen.

Es sey a c b Fig. 29 * ein mathematischer Hebel, ohne Schwere, in a und b mit den Gewichten P und Q beschweret, c sey der Punct der Unterstützung, für welchen die Drehungsmomente von P und Q einander aufheben, so muß der Punct c durch eine Kraft gepresset werden, welche der Summe der Gewichte P + Q gleich ist, denn die Unterstützung allein verhindert das vereinte Bestreben der Gewichte P, und Q zu fallen.

Ein solcher Unterstützungspunct, für welchen Gleichgewicht der drehenden Momente am mathematischen Hebel Statt findet, lässet sich immer finden, die Menge der an ihm befindlichen Gewichte und ihre Größe mag beschaffen seyn wie sie will. Der einfachste Fall wäre der, wenn eine mathematische Linie in allen ihren Puncten mit gleichen Gewichten beschweret, oder welches dasselbe ist, wenn eine physische Linie in alle ihren Puncten gleich schwer wäre.

Der Unterstützungspunct für das Gleichgewicht, das ist der Schwerpunct der Linie, lieget dann genau in ihrer Mitte; weil je zwey gleiche Gewichte, die gleichen Abstand von der Mitte haben, in Hinsicht der Drehung einander das Gleichgewicht halten, die Unterstützung aber die Summe aller Gewichte tragen muß.

Nun sey abcd Fig. 30 eine Parallelogramme, welches in allen Puncten schwer ist, so wird sein Schwerpunct p da liegen, wo sich die Linien ef, und gh, die seine Grundlinien und seine Höhe halbiren, schneiden; denn die Schwerpuncte aller mit dc parallellen Linien fallen innerhalb ef, so wie die Schwerpuncte alle mit ad parallellen innerhalb gh; es lieget daher der gemeinschaftliche Schwerpunct in dem Durchschnitte beyder Linien. Eine Linie welche durch den Schwerpunct geht, heißt eine Linie der Schwere.

Es bezeichnen ABCD Fig. 31 ein senkrechtes Parallelepipedum, q, r die Schwerpuncte seiner obern und untern Grundfläche; man verbinde sie durch eine gerade Linie, so ist dieß eine Linie der Schwere, weil sie durch die Schwerpuncte aller mit der Grundfläche parallellen Schnitte geht, und weil alle diese Schnitte gleich schwer sind, so liegt der Schwerpunct P des Körpers in der Mitte von qr. Aus dieser Betrachtung erhellet zugleich, daß der Schwerpunct eines Körpers von regulairer Gestalt, dessen schwere Masse gleichförmig vertheilet ist, mit dem Mittelpunct der Größe zusammen fället. Im gegentheiligen Falle lieget der Schwerpunct da, wo sich die größte Menge schwerer Masse befindet. Z. B. der Schwerpunct eines Dreieck's ABC Fig. 32 lieget in p, wo sich seine drei Linien der Schwere einander schneiden, ein Drittheil der Höhe von der Grundlinie hinauf, ²/₃ von der Spitze herab.

Der Schwerpunct eines Kegels, einer Pyramide, lieget in der Axe $\frac{3}{4}$ von der Spitze herab, $\frac{1}{4}$ von der Grundfläche hinauf.

Es bezeichne z. B. ABCD Fig. 33 eine dreyeckigte Pyramide; p, q die Schwerpuncte der Seitenflächen ACB, DCB, so wird Aq, so wohl als Dp eine Axe der Schwere für die Pyramide seyn, und ihr Schwerpunct P wird in dem Durchschnitte von Aq und Dp liegen. Nun ist $Eq = \frac{1}{3}$ ED, $Ep = \frac{1}{3}$ EA, daher auch $pq = \frac{1}{3}$ AD und $Pp = \frac{1}{3} DP = \frac{1}{4}$ Dp.

Practische Methoden den Schwerpunct eines Körpers zu suchen, sind das Balanciren auf einer Schneide, oder das Aufhängen eines Körpers an einen Faden in verschiedenen Richtungen, die sich wechselseitig durchschneiden.

§. 31.

Auf der Lage des Schwerpuncts beruht die mehrere oder mindere Sicherheit des Standes eines Körpers. Es ist überhaupt ein Körper unterstützet, wenn die lothrechte Linie durch seinen Schwerpunct zugleich durch die Unterstützung geht; lieget dabey der Schwerpunct über der Unterstützung, so saget man der Körper stehe, lieget er unter der Unterstützung, er hänge; fallet die Unterstützung mit dem Schwerpunct zusammen, so ist der Körper äquilibriret und in jeder Lage ruhig. Ein Körper steht desto sicherer je größer die unterstützende Grundfläche ist, und je näher der Schwerpunct bey der Grundfläche lieget. Wenn der Schwerpunct eines Körpers sich um seine Unterstützung drehen kann, so ist jederzeit das Drehungsmoment des Schwerpunct's so groß, als die Summe der Momente aller einzelnen in dem Körper enthaltnen schweren Puncten, daher kann man sich das gesammte Gewicht eines Körpers in seinem Schwerpuncte vereiniget vorstellen.

Es sey z. B. d Fig. 29 der Drehungspunct eines mathematischen Hebels in a u. b die schweren Massen P, Q in c ihr Schwerpunct, so ist allgemein (P + Q) cd = P . da + Q . bd
im Exempel
3 . 3 = 2 . 4 + 1 . 1
Bezeichnet adcb Fig. 30 den lothrechten Durchschnitt eines Körpers durch seinen Schwerpunct, dc die unterstützende Grundfläche, v eine Kraft, welche den Körper um den Punct c zu drehen strebt, so ist das Moment dieser Kraft = v . cb, das entgegenstrebende Moment des Schwerpunctes = p . ce. Letzteres ist bey gleichem Gewicht offenbar desto größer, je größer ec ist. Soll der Körper durch die Wirkung der Kraft v wirklich umschlagen, so muß sein Schwerpunct um den Winkel pch gedreht werden, welcher desto größer ausfället, je näher p bey dc lieget.

Das Vorstehende enthält die Gründe, warum man bey hohen Gebäuden die Mauern unten dicker als oben macht, warum der feste Stand einer Wand oder Mauer durch Strebepfeiler und Widerlagen verstärkt wird, warum überhängende Gebäude doch einen sichern Stand haben können. Erläuterungen zur Lehre von dem Schwerpuncte bieten folgende Versuche dar.

Balancirende Puppen, bey welchen der Schwerpunct durch angebrachte Gewichte unter den Unterstützungspunct fället, welche daher mancherlei schwingende Bewegungen annehmen, ohne umzuschlagen. Wird die Lage des Schwerpuncts in einem hohlen Körper durch eingefülltes Quecksilber oder auf andere Weise beweglich gemacht, so kann der Körper dadurch genöthiget werden, von selbst Bewegungen anzunehmen. Hierauf beruhen die Künste des chinesischen Purzelmännchens. Ist ein Körper dermaaßen unterstützet, daß sein Schwerpunct tiefer kommen kann, wenn gleich einzelne Theile des Körpers ansteigen müssen, so wird der Körper von selbst diejenige Stellung annehmen, worin sein Schwerpunct die tiefste Lage erhält.

Hierauf beruhet das scheinbare Ansteigen eines doppelten Kegels, eines überwichtigen Cylinders auf einer geneigten Ebene.

Der Gang und die Bewegungen der Thiere beruhen größtentheils auf der veränderten Lage des Schwerpunctes gegen die Unterstützung desselben. Je leichter, und mit geringerm Kraftaufwand diese Veränderungen herborgebracht werden können, desto leichter fallen auch die Bewegungen den Thieren. Ein Mensch ist nicht im Stande den rechten Fuß zu heben, wenn er sich mit der linken Schulter gegen eine feste Wand stützet; er ist nicht im Stande vorwärts zu schreiten, wenn er den Oberkörper nicht etwas vorwärts neiget. Der Satz: daß das Moment des Schwerpuncts gleich ist der Summe der Momente aller einzelnen schweren Theile, bietet vorzüglich dem Mathematiker die Mittel dar, den Schwerpunct von Körpern, Flächen und Linien durch Rechnung zu bestimmen.

Von der Wage.

§. 32.

Die Wage ist für den Physiker ein zu wichtiges Instrument, als daß sie nicht eine besondere Betrachtung verdiente. Bekanntlich giebt es zweierlei Arten von Wagen, die gemeine oder Krämerwage, und die Schnellwage. Bey der ersten sollen Kraft und Last einander gleich seyn, bey dieser will man mit einerlei Gegengewicht viele Lasten abwiegen. Die erstere, welche vorzüglich zu genauen Abwägungen geeignet ist, beruht auf der Theorie des gleicharmigen, die andere auf der Theorie des ungleicharmigen Hebels. Die Aerme eines Wagebalkens heißen die Entfernungen von der Unterstützung des Wagebalkens bis zu den Anhängepuncten der Wagschaalen. Um die Gleicharmigkeit leichter zu bewerkstelligen, pfleget man gewöhnlich die Enden des Wagebalkens in Bögen cba Fig. 34 ausgehen zu lassen, durch deren Oeffnung oder Schliessung, man den Anhängepunct der Schaalen a weiter oder näher zu dem Unterstützungspuncte bringen kann; da aber durch diese Einrichtung der Punct a zugleich etwas gehoben oder vertiefet

wird, das nicht seyn soll, so ist es besser den Anhängepunct der Schaalen, in der Richtung der Axe des Wagebalkens ac durch ein Schraubenwerk verschiebbar zu machen. Man sehe xy Fig. 35. Man erkennet die Gleicharmigkeit einer Wage daran, wenn man große Gewichte auf ihren Schaalen ins Gleichgewicht bringt, und dann diese Gewichte mit, oder ohne die Schaalen verwechselt. Bleibt das Gleichgewicht, so ist die Wage richtig. Uebrigens kann man auch mit einer sehr ungleicharmigen Wage richtig wiegen, wenn man die abzuwägende Last q, mit einer Gegenlast r, und dann diese nach wegenommener Last mit dem zu bestimmenden Gewichte p auf derselben Schaale, wo vorher die Last q lag, ins Gleichgewicht bringt. Dieß Verfahren ist zwar etwas umständlich, aber oft dem Physiker unerläßlich, wenn es auf sehr scharfe Gewichtsbestimmungen ankommt.

Eine gute Schaalwage soll mit gleichen Gewichten belastet, und auch ohne alle Belastung, im Gleichgewicht stehen, sie soll die Uebergewichte, selbst die kleinsten, durch einen verhältnißmäßigen Ausschlagewinkel anzeigen, und nach weggenommenem Uebergewicht ihren wagrechten Stand wieder annehmen; sie soll mit einem Wort nicht blos richtig, sondern auch empfindlich seyn.

Für diesen Zweck muß der Schwerpunct des Wagebalkens p, jederzeit unter dem Unterstützungspunct c, und mitten unter der Linie der Anhängepuncte der Schaalen ab liegen. Um dieß mit der größten Schärfe bewerkstelligen zu können, dienen kleine Gewichte f, e Fig. 35 * welche sich längst der Axe des Wagebalkens hin und her schrauben lassen, so wie das Gewicht p′ mitten unter dem Wagebalken. Der Unterstützungspunct c des Wagebalkens soll entweder mitten über der Linie ab Fig. 36, oder bey sehr empfind-

lichen Wagen, auf welchen nur kleine Lasten gewogen werden sollen, mitten in der Linie a b Fig. 35 * liegen. Im letzten Falle bleiben die drehenden Momente der Gewichte auf den Wagschaalen auch bey einer Neigung des Wagebalkens einander gleich, und das Moment des Uebergewichtes kann nur durch das Moment des gehobenen Schwerpunctes des Wagebalkens erhalten werden. Die restituirende Kraft der Wage wächset in diesem Fall nicht mit ihrer Belastung, mit welcher doch die Reibung zunimmt. In dem Falle Fig. 36 hingegen wird durch die Neigung des Wagebalkens, das Moment des sinkenden Armes verkleinert, und die restituirende Kraft wächset mit der Belastung der Wage. Die erstere Einrichtung gewähret aber den Vortheil, daß die Uebergewichte sich wie die Tangenten der Ausschlagewinkel verhalten. Um die Ausschlagewinkel zu messen, dienet entweder das Zängelchen c d, oder Spitzen die bey e und f längst der Axe des Wagebalkens heraus stehen, und an eingetheilten Kreißbögen herspielen, welche von dem Mittelpunct c aus gezogen sind. Da in jedem Falle die Beweglichkeit einer Wage desto größer ausfallen wird, je kleiner das Moment des Schwerpuncts ihres Wagebalkens gegen das Moment der Wagschaalen ist, so muß die Größe c e gegen a b klein seyn, und der Wagebalken so leicht als möglich für seine zu tragende Last gearbeitet, doch in der Mitte stärker als gegen die Enden seyn. Um die Reibung möglichst zu vermindern, giebt man der unterstützenden Axe die Form einer Messerschneide von Stahl, welche auf sehr harten Unterlagen, etwa von Achat, ruhet.

Bey der Schnellwage kommt es vorzüglich auf die richtige Eintheilung des längern Wagebalkens an. Diese bewerkstelliget man am beßten wie folget. Nachdem man

den Punct des Wagebalkens gesucht hat, an welchem das sogenannte Laufgewicht, dem Gewicht der Schaale mit Zubehör das Gleichgewicht hält, (es ist der Nullpunct der Theilung) so beläste man die Schaale mit dem größten Gewicht das sie tragen soll, und suche wie weit man das Laufgewicht auf dem langen Arm hinausschieben müsse, bis das Gleichgewicht wieder hergestellet ist. Den Zwischenraum zwischen beiden Puncten auf dem langen Wagebalken theilet man in so viele gleiche Theile, als die größte Last Unterabtheilungen erhalten soll.

Eine der vorzüglichsten physikalischen Wagen hat Ramsdon in London gebauet, sie gab $1/10000000$ ihrer größten Belastung an. Der Wagebalken bestand aus zwey hohlen doppelten Kegeln von Messing, die mit ihrer größern Grundfläche zusammengefüget waren.

Auch der verstorbene Schlosser Hauff zu Darmstadt fertigte sehr empfindliche physikalische Wagen, deren Einrichtung ich in meinem bey Heyer erschienenen Sammlung physikalischer Abhandlungen beschrieben habe. In neuern Zeiten werden vorzüglich gute Wagen von Fortin in Paris und von Florenz in Wien verfertiget. Desgleichen von Rösler in Darmstadt und Hoß in Gießen.

Die Gewichte, deren man sich bey physikalischen Untersuchungen häufig bedienet, sind folgende.

In Deutschland.

Das Cöllnische Mark- oder Silbergewicht, und das Nürnberger Medicinalgewicht.

Eintheilung des Cölln. Markgewichts

1 Pfund = 2 Mark
1 Mark = 16 Loth
1 Loth = 4 Quent
1 Quent = 4 Pfennige
1 Pfennig = 256 Richtpfennigstheile, oder 15 Gran.

(Ein Pfund im Großherzogthum Hessen beträgt 500 Grammen, oder ein halbes Kilogramm [siehe das neue französische Gewicht] die Eintheilung ist wie bey dem Cöllnischen Markgewicht.)

Eintheilung des Medicinal-Gewicht's.

1 Pfund	=	12 Unzen
1 Unze	=	8 Drachmen
1 Drachme	=	3 Scrupel
1 Scrupel	=	20 Gran.

In Frankreich.

Die Einheit des neuen Gewichts ist der Gramme, so schwer als ein cubischer Centimeter Wasser bey der größten Dichte. Diese Gewichtseinheit wird nach dem decadischen Gesetz vervielfältiget und getheilet.

1000 Grammen = 1 Kilogramm

$1/_{1000}$ Grammen = 1 Milligramm.

Bey dem alten französischen Troye-Gewicht war

1 Pfund	=	16 Unzen
1 Unze	=	8 Gros
1 Gros	=	3 Deniers
1 Denier	=	24 Grains.

England.

Bey dem englischen Troy-Gewicht ist

1 Pfd. = 12 Unzen = 12 . 20 Pfennige
= 12 . 20 . 24 Grain.

Holland.

Bey dem holländischen Troy-Gewicht ist

1 Pfd. = 16 Unzen
= 16 . 20 Engels
= 16 . 20 . 32 As.

Zur Vergleichung der angeführten Gewichte unter einander und mit dem Cöllnischen dienet folgendes.

1 Gran Cölln.	=	17,666	Richtpfennigstheile
1 Gran Med. Gew.	=	17,4346	—
1 Gramme	=	280,5441	—
1 Grain fr. Troy	=	14,901	—
1 Gran engl. Troy	=	18,1643	—
1 As holl. Gew.	=	13,4736	—
1 Pfund hess. Gew.	=	140272	Richtpfen.th.
	=	1,0707	Cölln. Pfund.

Von der schiefen Ebene, dem Keil und der Schraube.

§. 33.

Es stelle acb Fig. 37 den Neigungswinkel einer schiefen Ebene gegen den Horizont dar, so heißet bc die Länge, ab die Höhe, ac die Grundlinie der schiefen Ebene. Es ruhe auf der schiefen Ebene die Last oder das Gewicht P, man fraget, mit welcher Kraft es längst der schiefen Ebene hinabzugleiten strebt? die Reibung und andere Hindernisse der Bewegung bey Seite gesetzet. Es drücke eh die Größe der Schwerkraft in dem Gewicht P aus, man zerlege dieselbe in die Seitenkräfte eg, ef; die erstere wird von der Festigkeit der schiefen Ebene überwunden, die andere ef ist diejenige Kraft, welche den Körper längst der schiefen Ebene hinabtreibt; man heißt sie die relative Schwere. Eine Kraft V, welche ihr gleich und entgegengesetzet ist, würde sich zum Gewicht P verhalten = ef : eh = ab : bc. Daher Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zur Länge derselben.

Wollte man z. B. eine Last einen Berg hinan schaffen, welcher 30° gegen den Horizont geneigt wäre, so betrüge die Kraft die Hälfte der Last, wäre dagegen der Neigungswinkel nur 5°, so hätte man nur den 12ten Theil der Last zu überwinden. Zöge die Kraft V′ nicht parallel mit der schiefen Ebene, sondern parallel mit ihrer Grundlinie ac, so müßte sie größer als V seyn. Denn man kann sich die Kraft V′ nach el in die Seitenkräfte nach ek und nach ei zerleget denken, die erstere wirkt so wie V und ist ihr gleich, die andere nach ei träget nicht zur Erhaltung der Last bey, daher hat man in diesem Fall

$$V' : V = el : ek = cb : ac$$
$$V : P = ef : eh = ab : cb$$

folglich $V' : P = ab : ac$

wie die Grundlinie zur Höhe der schiefen Ebene.

In dem zuerst betrachteten Falle würden die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege von Kraft und Last = bc : ac, in dem zweyten Falle wie ab : ac seyn. Also Kraft und Last verkehret wie ihre Geschwindigkeiten.

Je mehr die Richtung der Kraft von der mit bc parallellen abweicht, desto größer muß die Kraft seyn.

Vom Keile.

§. 34.

Unter einem Keile versteht man gewöhnlich ein dreiseitiges Prisma acb Fig. 38, welches mit seiner Schärfe c in einen festen Körper eingetrieben, denselben von einander spaltet.

Uebrigens wird auch der Keil zur Befestigung, zur Erhebung von Lasten und in vielen andern Dingen mit Vortheil angewendet. adbc stellet einen senkrechten Schnitt durch die Axe und den Schwerpunct des Keiles vor. Die Linien ac, bc heißen die Seiten des Keiles, dc die Höhe, ab der Rücken des Keiles. Die treibende Kraft V wirke nach der Richtung dc, der Widerstand P, zu beiden Seiten weiche nach den Linien ef, eg perpendicular auf die Seiten des Keiles aus, man sucht das Verhältniß von Kraft zur Last. Es stelle eh die Größe der Kraft V vor, man zerlege sie in die Seitenkräfte ef, eg; jede dieser Kräfte muß dem Widerstande P gleich kommen, daher hat

man $\frac{1}{2}$ V : P oder V : 2 P = ei : ef = db : bc. Also Kraft zur Last wie der halbe Rücken des Keiles zur Seite des Keiles.

Könnte der Widerstand nicht nach ef, sondern nach ek ausweichen, so denke man sich die Kraft nach ef, abermals in eine nach ei und ek zerleget, die letztere heiße P, dann ist

$$P : P' = ef : ek = cb : cd$$
$$\tfrac{1}{2} V : P = db : cb$$

$$\text{also } \tfrac{1}{2} V : P' = db : cd$$

Kraft zur Last wie der halbe Rücken des Keiles zur Höhe des Keiles. In beiden Fällen ist die Kraft desto wirksamer, je spitziger der Winkel c des Keiles ist.

Auf der Theorie des Keiles beruht die Wirkung aller schneidenden und stechenden Instrumente; sie sind alle desto wirksamer, je spitzer der Winkel c an ihrer Schärfe ist.

Ferner lässet sich der Druck der Gewölbe auf ihre Widerlagen auf die Lehre vom Keil zurückführen, woraus folget, daß flache Gewölbe bey gleicher Belastung stärker gegen ihre Widerlagen pressen, als hohe und mehr gekrümmte.

Von der Schraube.

§. 35.

Um die Wirkung von Kraft und Last an der Schraube auf die Theorie der schiefen Ebene zurückzuführen, stelle man folgende Betrachtung an. Um einen lothrechten Cylinder A Fig. 39 denke man sich den Durchschnitt einer schiefen Ebene bac so herum gebogen, daß die Grundlinie der schiefen Ebene ac dem Umfang des Cylinders adef entspreche, so wird die Länge der schiefen Ebene ab auf der Oberfläche des Cylinders die Schraubenlinie agh bilden. Dabey bleibt die Neigung eines jeden Elementes der

Schraubenlinie gegen die horizontale Ebene dem Winkel b a c gleich. Wird also eine Last auf der Schraubenlinie n g h in die Höhe geführet, so geschieht eben das, als wenn sie längst der schiefen Ebene gehoben würde.

Wirkt nun, wie gewöhnlich, die Last parallel mit der Axe des Cylinders A oder lothrecht, die Kraft nach einer Tangente an dem Umfange der Schraubenspindel a d, so ist dieß der zweite Fall §. 33, wo sich Kraft zur Last wie die Höhe der schiefen Ebene zur Grundlinie verhielt, also hier wie die Höhe oder Weite des Schraubenganges a h zu dem Umfang der Spindel a d e f. Bey der Anwendung der Schraube als Maschine, muß man sich die Schraubenlinie von einer gewissen Dicke gleichsam verkörpert auf der Oberfläche der Spindel A A Fig. 40 erhaben, und eine ähnliche schraubenförmige Vertiefung in einen hohlen Cylinder B B eingeschnitten denken. Beyde greifen wechselseitig in einander ein, ersteres heißt Schraube, letzteres Mutterschraube.

Es ist einerlei, ob man sich die Last auf der Schraube ruhend, die Mutter als fest, und die Schraube beweglich, oder umgekehrt die Schraube als fest und die Mutter als beweglich und die Last hebend denken will. Fasset die Kraft nicht unmittelbar an dem Umfang der Spindel, sondern an einem Hebel AC an, so kommt dieses noch als eine zweite Maschine in Betrachtung, und man erhält dann Kraft zur Last, wie die Höhe des Schraubengangs a h zum Umfang des mit AC beschriebenen Kreißes.

Eine Schraube ist desto wirksamer, je enger die Schraubengänge, und je größer der Durchmesser also auch der Umfang der Spindel ist.

Man bedienet sich der Schraube nicht blos um Lasten zu erheben, sondern auch um Körper an einander zu befestigen,

um sanfte und gleichförmige Bewegungen hervorzubringen u. s. w. In letzterer Hinsicht ist besonders die sogenannte Schraube ohne Ende zu bemerken. Eine Schraube deren Gänge in die Zähne eines Rades so eingreifen, daß dieses durch Umdrehung der Schraube ebenfalls umgedrehet wird, wodurch eine stete Bewegung im Kreiße erhalten werden kann.

In den Vorlesungen werden die sogenannten einfachen Maschinen oder mechanischen Potenzen, wozu man den Hebel, die Rolle, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube rechnet, durch Modelle erläutert. Durch ihre Verbindung gehen die zusammengesetzten Maschinen hervor.

II.

Von der Reibung.

§. 36.

Die bisher angestellten Betrachtungen gaben die Bedingungen des Gleichgewichts an den einfachen Maschinen an; dächte man sich alle Hindernisse der Bewegung entfernt, so würde der mindeste Ueberschuß an Kraft wirkliche Bewegung, obgleich nach den Gesetzen der Trägheit eine desto kleinere Geschwindigkeit erzeugen, je größer die in Bewegung zu setzende Masse ist. So verhält es sich aber nicht, sondern es ist immer eine bestimmte Ueberwucht, oft eine sehr bedeutende nöthig, um wirkliche Bewegung zu erzeugen. Dieß rühret von den verschiednen Hindernissen der Bewegung her, worunter die durch die Rauhigkeit der Oberfläche bey Weitem die bedeutendste ist.

Von der Größe der Reibung kann man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen.

Es bezeichnen AB Fig. 41 ein in horizontaler Lage befestigtes Tischblatt, auf demselben ruhe ein schwerer beweglicher Körper P, dessen Gewicht nöthigen Falls durch Auflagen vergrößert werden kann. An P sey ein biegsa-

ner Faden angeknüpft, welcher über eine sehr leicht dreh-bare Rolle C führet und eine Wagschaale träget, auf welche so lange Gewichte r geleget werden, bis der Körper P eben anfängt in Bewegung zu gerathen. Die Größe des Gewichts (wozu das Gewicht der Wagschaale geschlagen worden ist) zeiget dann die Größe der Reibung zwischen dem Körper P und seiner Unterlage AB an. Genau genommen muß von dem Gewicht r derjenige Theil hinweggenommen werden, welcher auf die Reibung der Rollenzapfen C kommt, und welcher durch einen besondern Versuch vorher ausgemittelt werden kann. Die Erfahrung hat gezeiget, daß bey einerlei Beschaffenheit der Körper die Größe der Reibung r ein aliquoter Theil des Gewichts P bleibt, man nennet denselben den Reibungsquotienten. Er beträget bey Hölzern, Steinen und ähnlichen nicht sehr glatten Körpern ⅓ des Gewichts oder der anpressenden Kraft, wird aber desto kleiner, je härter und glätter die Oberflächen sind. Dagegen hat die Größe der sich berührenden Oberflächen bey unveränderter Pressung keinen bedeutenden Einfluß auf die Größe des Reibungsquotienten. Es habe z. B. der Körper P die Gestalt eines Parallelepipedums, wovon eine Seitenfläche halb so groß als die Grundfläche ist, so wird die Größe der Reibung sich nicht verändern, wenn man den Körper P mit der Seitenfläche auf die Unterlage AB setzet.

Die Größe der Reibung nimmt sehr ab, wenn sich die gleitende Bewegung in eine rollende verwandelt, wie z. B. die Bewegung eines Wagenrades oder einer Walze auf einer festen horizontalen Ebene ist; denn hier werden die einzelnen Erhebungen des rollenden Körpers aus den Vertiefungen der Unterlage, durch die Umdrehung selbst her-

ausgehoben, und brauchen weder abgerissen noch niedergedrückt zu werden, wie bey der gleitenden Bewegung.

Die Reibung wird vermindert, wenn man einen flüssigen Körper (Schmiere) zwischen die sich reibenden Theile der festen Körper bringt. Die Schmiere füllet die einzelne Vertiefungen aus, und macht so die Oberfläche glätter. Nicht jede Schmiere tauget für jeden Körper, dieß hängt mit der chemischen Qualität der Körper zusammen. Für Holz ist Seife, für Metalle sind fette Oele zu empfehlen.

Endlich wird die zur Ueberwindung der Reibung nöthige Kraft vermindert, wenn man das Moment der Reibung an den Maschinen zu verkleinern sucht. Dieß verdienet eine nähere Betrachtung.

§. 37.

Es bezeichne Fig. 42 A ein Rad oder eine Rolle, deren Zapfen c auf der festen Unterlage h g ruhe; wird die Rolle gedrehet, so entsteht auf dem Zapfenlager bey a eine Reibung, welche durch die bewegende Kraft, die wir auf der Seite q annehmen wollen, überwältiget werden muß. Man kann sich den Widerstand der Reibung als eine Kraft denken, welche an dem Umfange des Zapfens nach der Richtung einer Tangente a h, der bewegenden Kraft an dem Ende des Halbmessers c b entgegen wirke. Heißt nun die absolute Größe der Reibung in a = r, die sie überwältigende Kraft in b = x, so hat man nach der Theorie des Hebels

$$r \cdot ca = x\,cb$$

$$x = \frac{ca}{cb}\,r$$

Es fällt also die Größe x gegen r desto kleiner aus, je kleiner c a gegen c b ist. Daraus geht der Vortheil

dünner Zapfen an Rollen und Rädern, so wie an den Maschinen überhaupt hervor. Um sie aber möglichst dünne machen zu können, müssen sie von einer festen Materie seyn; sind sie zugleich wie ihre Unterlagen hart und glatt, so vermindert sich mit dem Momente der Reibung auch die absolute Größe derselben, und also um so mehr x. Es sey z. B. die Belastung der Rolle zu beiden Seiten $p = q = 27$ Pf., das Gewicht der Maschine $= 6$ Pf., der Reibungsquotient $= \frac{1}{3}$, das Verhältniß der Halbmesser $oa : ob = 1 : 5$; so hat man $r = \frac{1}{3} \cdot 60$ Pf. $= 20$ Pf. und $x = \frac{1}{5}\, r = 4$ Pf. sehr nahe. (Strenge genommen müßte x schon zu der Belastung bey der Berechnung von r geschlagen werden, und dann erhält man schärfer $x = \frac{1}{5}\,(20 + \frac{1}{3}\, x)$

$$x = \frac{20}{5 - \frac{1}{3}} = 4{,}28 \text{ Pf.})$$

Eine noch größere Verminderung des Momentes der Reibung erhält man, wenn man die Zapfen des ersten Rades nicht auf feste Unterlagen, sondern auf den Umfang drehbarer Rollen stützet, welche dann Frictions-Rollen heißen.

Diese Einrichtung erläutert Fig. 43. Es bezeichnet A das erste Rad, a seine Zapfen, B, B die Frictions-Rollen (deren man sich ein Paar auf jeder Seite des Rades denken muß) b, b ihre Zapfen. Hier wirkt die Reibung an dem Zapfen des Rades als bewegende Kraft an dem Umfange der Frictionsrollen. Sucht man nun die zur Reibungsüberwindung am Umfange des Rades nöthige Kraft, so berechne man zuerst die Kraft x an dem Umfange der Rollen wie vorher (es thut nichts zur Sache, daß hier die

Reibung auf 4 Zapfenlager der Rollen vertheilet ist, da sie an jedem von gleicher Größe ist, so kann man sie sich an einem vereiniget denken) und verkleinere diese Größe in dem Verhältnisse von dem Halbmesser des Rades A zum Zapfen a. Behalten wir das vorige Beyspiel, wo wir die Größe der Reibung an dem Umfange der Rolle oder $x = 4$ Pfund gefunden hatten, und setzen das Verhältniß der Halbmesser a und $A = 1 : 10$, so würde die zur Ueberwindung der Reibung am Umfange des Rades nöthige Kraft $= \frac{4}{10}$ Pfund seyn.

§. 38.

Um die Wirkung der Reibung an der schiefen Ebene, und so mit auch an dem Keil und der Schraube, wenigstens im Allgemeinen zu übersehen, stelle man folgende Betrachtung an. Wir haben §. 33. gesehen, daß wenn die Last P Fig. 37 auf der schiefen Ebene durch die Linie eh dargestellet wird, man sich diese Kraft in die Theile ef und eg zerleget denken könne. Der mit der schiefen Ebene parallel gehende Theil kann keine Reibung veranlassen, wohl aber der auf die schiefe Ebene perpendicular gehende Druck. Nennen wir denselben Q, so ist

$$Q = \frac{P}{eh} \cdot P = \frac{ca}{cb} \cdot P,$$

heißt ferner der Reibungsquotient f, so hat man für die Größe der Reibung $fQ = f \cdot \frac{ac}{cb} P$. Dieses Hinderniß stemmt sich der Kraft V entgegen, wenn diese wirklich Bewegung hervorbringen soll, kommt ihr aber zu Hülfe, wenn die Last P blos erhalten werden soll. Man hat also für die bewegende Kraft

$$V + fQ = \frac{ab}{bc} P + f \cdot \frac{ac}{bc} P$$

für die erhaltende Kraft $V - fQ = \frac{ab}{ac} \cdot P - f \cdot \frac{bc}{bc} \cdot P$

Ist der letzte Theil größer als der erste, so bedarf er gar keiner Kraft zur Erhaltung der Last.

Zum Beispiel.

1) Es sey $ab = \frac{1}{2}\, bc$, $ac = \frac{87}{100}\, bc$, $f = \frac{1}{3}$ $P = 100$ Pfund, so hat man für die bewegende Kraft $50 + 29 = 79$ Pfund, für die erhaltende $50 - 29 = 21$ Pfund.

2) $ab = \frac{1}{10}\, bc$, $ac = \frac{995}{1000}\, bc$ die übrigen Größen wie im ersten Beyspiel, so hätte man für die bewegende Kraft 10 Pfund + 33,2 Pfund = 42,2 Pfund, für die erhaltende Nichts, weil die Reibung 33 Pfund erhalten kann, und die relative Schwere nur 10 Pfund beträget.

Der letzte Fall tritt bey der Schraube und dem Keile ein, weil hier das Verhältniß von $ab : bc$ in der Regel noch kleiner ausfället, als wir es im 2ten Beyspiel angenommen haben, daher dienen diese Maschinen, wie schon bemerkt worden, nicht blos als Hebzeuge, sondern auch als Befestigungsmittel. Ueberhaupt bemerke man, daß zwar die Reibung, wo es auf Bewegung ankommt, ein Hinderniß ist, wo es aber um Erhaltung und Befestigung gilt, ein großes Hülfsmittel abgiebt.

Tritt der besondere Fall ein, daß $V = fQ$ wird, so erhält man aus dieser Bedingung $ab = f \cdot ac$ oder $f = \frac{ab}{ac}$. Der Reibungsquotient ist durch das Verhältniß $ab : ac$ und umgekehrt dieses durch jenen bedingt. Hieraus erkläret sich warum Sand, lose Erde u. dergl., auf einander geschüttet, Kegel bilden, deren Höhe zum Halbmesser der Grundfläche bestimmte Verhältnisse haben. Der natürliche Böschungswinkel solcher Körper hänget von der Größe der Reibung ihrer einzelnen Theile ab. Existirte gar keine Reibung, so würde die Höhe des Kegels gegen den Halbmesser der Grundfläche verschwinden; d. i. alle lose Körper würden in dieser Hinsicht, als flüssige gelten.

Von dem Momente der Trägheit und der durch die bewegende Kraft erzeugten Beschleunigung bey drehenden Bewegungen.

§. 39.

Es bezeichne acb Fig. 43 einen mathematischen, in c unterstützten Hebel; in b befinde sich eine träge Masse m, von deren Schwere wir vorerst ganz absehen wollen (man könnte sich unter m etwa eine Kugel denken, die auf einer völlig glatten horizontalen Ebene, aber doch um den Punct c drehbar, ruhte) in a wirke eine bewegende Kraft V, welche dem Punct a die Geschwindigkeit ae, und eben dadurch der Masse m die Geschwindigkeit bd geben soll, man fragt, wie groß die Kraft v seyn müsse? Wenn eine Kraft v' unmittelbar in die Masse m wirkte, so hätte man nach §. 15 $v' = m \cdot bd$. Soll nun v eben das leisten, so muß nach der Theorie des Hebels $v = \frac{v' \cdot cb}{ca}$ seyn,

also $v = \frac{m \cdot bd \cdot cb}{ca}$.

Befinde sich in a eine Masse M, welche durch dieselbe Kraft v die Geschwindigkeit ae erhielte, so würde auch $M \cdot ae = v$ seyn, und man hätte $M \cdot ae = \frac{m \cdot bd \cdot cb}{ca}$

oder weil $\frac{cb}{ca} = \frac{bd}{ae}$

$$M \cdot ae^2 = m \cdot bd^2$$
$$M\ ac^2 = m \cdot cb^2.$$

Die beiden Massen M und m würden in diesem Falle der Kraft v vermöge ihrer Trägheit einen gleichen Widerstand entgegensetzen, und wären so nach für gleichgültige

(äquivalente) Massen zu betrachten. Man nennet die Produkte aus den Massen in die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten die Momente der Trägheit, und Massen, welche gleiche Momente der Trägheit haben, sind in Hinsicht ihres Widerstandes den sie bewegenden Kräften entgegensetzen als gleichgültig zu betrachten.

Dieß dienet dazu, um für eine Masse m die ihr gleichgültige M zu suchen, wenn die Verhältnisse der Geschwindigkeiten, oder bey drehenden Bewegungen die Verhältnisse der Hebelärme gegeben sind.

Man hat $M = \frac{m\,b\,d^2}{a\,e^2} = \frac{m\,c\,b^2}{c\,a^2}$.

§. 40.

Die in dem vorhergehenden Paragraphen entwickelte Lehre von dem Momente der Trägheit giebt die Mittel an die Hand, um bey jeder Maschine, an welcher mehrere Massen durch eine bewegende Kraft fortgetrieben werden, die beschleunigende Kraft zu finden. Die allgemeine Regel ist: man suche für jede Masse die ihr gleichgültige an dem Orte, wo die bewegende Kraft wirkt, und dividire die gesammte auf den Angriffspunct der Kraft reducirte Masse in die bewegende Kraft, so erhält man die beschleunigende Kraft. Die bewegende Kraft kann die Schwere selbst seyn, und wenn sie es auch nicht ist, so pfleget man gerne alle übrigen Kräfte mit der Schwere als einer uns wohlbekannten Kraft zu vergleichen, und durch sie zu messen, indem man die Beschleunigung der Schwere = 1 setzt, und alle übrigen bewegenden Kräfte in Gewichten darzustellen sucht.

Einige Beyspiele mögen dieß erläutern.

1) Es sey acb Fig. 43 ein mathematischer Hebel, an

welchem zwey schwere Massen oder Gewichte m = 1 Pfund, M = 3 Pfund wirken, das Verhältniß der Hebelärme ca : cb sey = 1 : 2, man fraget nach der Größe der beschleunigenden Kraft? Da nach der Theorie des Hebels 2 Pfund in a 1 Pfund in b das Gleichgewicht halten, so beträget die Ueberwucht in a nur 1 Pfund. Dieses ist als die bewegende Kraft zu betrachten, welche die beiden Massen M und m fortführen soll. Man suche für m die ihr gleichgültige Masse in a, sie ist $\frac{1 \text{ Pf.} \cdot 2^2}{1^2} = 4$ Pfund. Die gesammte auf a gebrachte Masse beträget daher 4 + 3 = 7 Pfund, und die beschleunigende Kraft in a wäre $\frac{1 \text{ Pf.}}{7 \text{ Pf.}} = \frac{1}{7}$ der Schwere d. i. der Punct a leget in jedem Zeitmoment nur $\frac{1}{7}$ des Wegs zurück, welchen es bey frei wirkender Schwere beschreiben würde. Z. B. in 1 Secunde $\frac{15}{7} = 2\frac{1}{7}$ Fuß.

2) Es sey od Fig. 44 ein an seinem einen Ende o unterstützter mathematischer Hebel, an welchem sich die Gewichte p, q, r befinden, man sucht die beschleunigende Kraft = f an dem Schwerpunct des Hebels g. Da man sich nach §. 49 in dem Schwerpuncte die Summe der Gewichte vereiniget denken kann, so ist die bewegende Kraft hier = p + q + r; die auf den Schwerpunct reducirten trägen Massen sind $\frac{p \cdot ca^2}{cg^2}$, $\frac{q \cdot cb^2}{cg^2}$, $\frac{r \cdot cd^2}{cg^2}$ daher die beschleunigende Kraft im Schwerpunct, oder $f = \frac{(p + q + r)\, cg^2}{p \cdot ca^2 + q cb^2 + r \cdot cd^2}$

Es sey p = q = r = 1 Pf. ca = 1, cb = 2, cd = 3 cg = cb = 2 so erhält man $f = \frac{3 \cdot 4}{1 + 4 + 9} = \frac{12}{14}$ der Schwere. Suchte man denjenigen Punct des Hebels x, wo die beschleunigende Kraft der Schwere gleich, also = 1 wäre, so müßte

$$cg : cx = \frac{(p + q + r)\, cg^2}{p \cdot ca^2 + q \cdot cb^2 + r cd^2} : 1$$

seyn, also

$$cx = \frac{p \cdot ca^2 + q cb^4 + r cd^2}{(p + q + r)\, cg}.$$

In dem Beyspiel wäre ox $= \frac{1 + 4 + 9}{3 \cdot 2} = {}^{14}/_6 = 2\ {}^1/_3$.

Man nennet x den Schwingungspunct des Hebels; in ihm kann man sich den Widerstand der Trägheit aller Massen vereiniget denken.

Wir werden auf den Schwingungspunct bey der Lehre von dem Pendel zurückkommen. Hier nur die Bemerkung: wenn man mit einem schweren Körper hauet oder drehend schläget, so ist der Schwingungspunct derjenige Punct des schweren Körpers, wo die größte Kraft des Schlags oder Hiebs vereiniget ist.

Bey der Anwendung der Lehre von dem Momente der Trägheit auf die Berechnung der beschleunigenden Kräfte an den Maschinen kommt es oft vor, daß man unzählig viele solcher Momente summiren, und daher zur Integralrechnung schreiten muß. Vermittelst derselben lässet es sich z. B. leicht beweißen, daß der Widerstand der Trägheit einer prißmatischen Stange, die sich um eins ihrer Enden dreht, so groß ist, als ob der 3te Theil ihrer Masse am andern Ende vereiniget wäre. Wenn sich dagegen eine kreißförmige Scheibe um den Mittelpunct dreht, so ist der Widerstand der Trägheit so groß, als ob die Hälfte der Masse am äussern Umfang der Scheibe vereiniget wäre.

Von dem Fall auf der geneigten Ebene.

§. 41.

Wenn ein schwerer Körper oder Punct b sich auf einer geneigten Ebene bc Fig. 45 befindet, so kann er (Reibung und andere Hindernisse der Bewegung weggedacht) nicht ruhen, sondern wird vermöge der relativen Schwere (§. 52) längst der schiefen Ebene, hinabgetrieben. Die Bewegung, welche er hierbey annehmen muß, ist eben so wie bey dem lothrechten Fall eine gleichförmig beschleunigte; die Geschwindigkeit aber, welche er in jedem Augenblick seiner Bewegung hat, verhält sich zu derjenigen, die er frei lothrecht fallend haben würde, wie die relative

Schwere zur absoluten wie ab : bc (§. 34). Hieraus folget, daß die gleichzeitigen Fallräume auf der geneigten Ebene und in lothrechter Richtung in demselben Verhältniß der relativen zur absoluten Schwere = ab : bc stehen müssen. Fället man daher auf bc das Perpendikel cd, bis es der lothrechten Linie durch den Anfangspunct des Falles in d begegnet, so sind bc, bd zusammengehörige, in gleicher Zeit beschriebene Fallräume vermittelst der relativen und absoluten Schwere. Denn es ist bc : bd = ab : bc.

Man kann daher durch Versuche über den Fall auf geneigten Ebenen die Gesetze fallender Körper erläutern, nur muß man dazu recht glatte Kugeln und wohl polirte schiefe Ebenen wählen, damit die Reibung keine Störungen verursache.

Aus dem angeführten Gesetze vom gleichzeitigen Falle auf geneigten Ebenen und in lothrechter Richtung folget, daß ein schwerer Körper in derselben Zeit den lothrechten Durchmesser db Fig. 48 eines vertical stehenden Kreißes beschreibt, in welcher er eine jede nach Belieben von b ausgezogne Sehne des Kreißes bc beschreiben würde. Denn es ist nach bekannten Lehrsätzen vom Kreiße ac : bc = bc : bd. Denkt man sich zwey Sehnen bc, bf, von verschiedner Größe, und auf ihnen zwey bewegliche schwere Puncte, so verhalten sich die relativen Schweren derselben gegen einander wie bc : bf, d. i. wie die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege. Hieraus können wir das allgemeine Gesetz ableiten: wenn die beschleunigenden Kräfte sich wie die zurückzulegenden Wege verhalten, und einerlei Gesetz der Beschleunigung Statt findet, so werden diese Wege in gleichen Zeiten beschrieben.

Versuche zur Erläuterung dieser Sätze mit der von Nollet beschriebenen Fallmaschine.

§. 42.

Wenn ein schwerer Körper auf einer schiefen Ebene bc Fig. 45 herabgefallen ist, so hat er in c eine Geschwindigkeit, welche so groß als die von einem lothrechten Falle durch die Höhe der geneigten Ebene ca erzeugte ist.

Denn nach §. 41 ist die Geschwindigkeit in e zu der Geschwindigkeit des gleichzeitigen lothrechten Falles in d = ba : bc. Es sey dieß Verhältniß = 1 : n, so ist ba : bd = 1 : n^2, weil ba : bc = bc : bd. Nun verhalten sich die Endgeschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen (§. 19), daher die Geschwindigkeit in a zur Geschwindigkeit in d = 1 : n. Es ist also die Geschwindigkeit in a so groß als die Geschwindigkeit in e auf der geneigten Ebene.

Vom Falle auf krummen Linien und den Schwingungsgesetzen des Pendels.

§. 43.

Wenn ein schwerer Punct a sich in einer verticalen Ebene längst der krummen Linie abde Fig. 47 beweget, so befindet er sich in jedem Elemente seines Weges ab, bd auf geneigten Ebenen am, bn deren Neigungswinkel gegen die horizontale immer kleiner werden, bis sie in e verschwinden.

Die Richtungsveränderung von einem Elemente ab zu dem nächsten bd ist selbst gegen diese Elemente als verschwindend klein zu betrachten; daraus folget, daß der Verlust an Geschwindigkeit, welchen der Körper durch die Richtungsänderung erleidet, für Nichts zu achten sey, und daß daher die Endgeschwindigkeit in e so groß ist, als die zur lothrechten Fallhöhe ah gehörige. Mit dieser Geschwindigkeit in e angelangt kann der Körper nicht ruhen, sondern wird auf der entgegengesetzten Seite den Bogen ef beschreiben, bis er in f wieder eben so hoch gestiegen ist, als er von a bis e gefallen war. In f fängt der schwere Körper seine Bewegung von neuem an, und beschreibt nach den-

selben Gesetzen den Bogen fea rückwärts. So würde ohne Reibung und Widerstand der Luft die Bewegung ewig hin und hergehen. Man nennet einen Hin- oder Hergang durch den Bogen aef einen Schwung (bey den Uhren Pendelschlag) die darauf verwendete Zeit, die Schwingungszeit; die Bewegung durch ae, oder ef heißt ein halber Schwung.

Wenn, wie gewöhnlich, die krumme Linie aef ein Kreißbogen vom Mittelpunct c aus beschrieben ist, so kann man die schwingende Bewegung einfacher und mit weniger Reibung verknüpfet erhalten, wenn man einen schweren Körper a, an einen Faden ac knüpfet, und das Ende des Fadens an einem festen Punct c aufhänget. Eine solche Verdichtung heißet ein Pendel, und zwar ein einfaches, wenn man sich den Faden ohne alle Schwere, und den schweren Körper a als einen physischen Punct vorstellet.

Eine kleine schwere Kugel von Bley, Platina oder Gold an einem feinen Seidenfaden, oder besser Silberfaden, aufgehangen geben Pendel, welche sich dem einfachen so nähern, daß sie in der Ausübung dafür genommen werden dürfen. Die gewöhnliche Uhrpendel Fig. 48 bestehen aus einer dünnen prismatischen Stange aa, über deren unteres Ende bey b ein schwerer linsenförmiger Körper von Metall (Messing, mit Bley ausgegossen) geschoben, und durch eine Schraube fest gehalten wird. An dem obern Ende der prismatischen Stange geht senkrecht auf den flachen Durchschnitt der Linse und Stange eine Schneide hervor, mit welcher das Pendel auf einer harten Unterlage wie ein Wagebalken aufgehänget ist. Ein solches Pendel ist zwar kein einfaches, sondern ein zusammengesetztes Pendel; es lässet sich indessen durch Rechnung nachweisen, daß der Schwingungspunct eines solchen Pendels (§. 58) nahe genug in die Mitte der

Linse b falle, so daß man die Länge cb als die Länge eines einfachen Pendels betrachten könne, welches mit dem zusammengesetzten gleichzeitige Schwingungen macht. Um die geringen etwa noch übrig bleibenden Ungleichheiten zu verbessern, dienet die Verschiebbarkeit der Linse, mittelst der unten angebrachten Schraube.

Die nachfolgenden Lehren gelten zunächst für das einfache Pendel.

§. 44.

1) Pendel von gleicher Länge, welche durch Bögen von ungleicher Größe schwingen, vollenden ihre Schwingungen in gleichen Zeiten, vorausgesetzet, daß die Schwingungsbögen so klein bleiben, um ihr Verhältniß gegen einander, dem Verhältnisse ihrer Sinusse gleich setzen zu können.

Der schwere Punct, welcher seine Bewegung in a Fig. 47 anfängt, wird von einer relativen Schwere getrieben, die dem Sinus des Winkels amh = Sinus ace proportional ist. Fängt der Punct hingegen seine Schwingung in b an, so wird er von einer beschleunigenden Kraft getrieben, welche dem Sinus bnh = Sinus bce proportional ist. Sind nun die Bögen ae, be ebenfalls ihren Sinussen proportional, so stehen die zurückzulegenden Wege in dem Verhältniß der beschleunigenden Kräfte, und werden daher in gleichen Zeiten beschrieben. (Strenge genommen gilt dieser Satz nur für unendlich kleine Kreißbögen.)

2) Die Zeit des Niedergangs durch ae oder des halben Schwungs eines Pendels verhält sich zur Zeit des Falles durch den lothrechten Durchmesser ge wie folgende Reihe $\frac{1}{4}\,\Pi\left(1 + \frac{1}{4}\,\frac{ex}{g} + \frac{9}{64}\,\frac{ex^2}{eg^2} \ldots\right)$ zu 1, wo Π das

Peripherieverhältniß bezeichnet. So lange die Bögen ae klein bleiben, kann man die nach dem ersten folgenden Glieder des eingeschlossenen Factors vernachlässigen, und dann erhält man für die in Secunden ausgedrückte Schwingungszeit eines Pendels, dessen Länge ce = 1 ist:

$$t = \frac{1}{2} \Pi \sqrt{\frac{2l}{g}},$$ wo g den Fallraum in einer Secunde bezeichnet. Diese aus der höhern Mechanik entlehnten Sätze können hier nur historisch angeführet werden.

3) Bey Pendeln von ungleicher Länge verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel. Der Satz fliesset aus 2) und lässet sich auch folgendermaßen demonstriren.

Pendel, wie ca, cb Fig. 49 werden in jedem ihrer zu gleichen Winkeln c gehörigen Elementen der Bahn von gleichen relativen Schweren getrieben, es müssen sich also die Fallzeiten, da die beschleunigenden Kräfte gleich sind, wie die Quadratwurzeln aus den Fallräumen verhalten. Nun stellen aber die Bögen ad, be die Fallräume vor, und diese verhalten sich wie die Halbmesser cd, ce d. i. wie die Längen der Pendel, also die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel.

4) Pendel von gleicher Länge, die von ungleichen Schwerkräften getrieben werden, verrichten ihre Schwingungen in ungleichen Zeiten, die sich verkehret wie die Quadratwurzeln aus den Schwerkräften verhalten.

Auch dieser Satz ist eine Folge aus 2, und lässet sich durch folgende Betrachtung erläutern.

Gleich lange Pendel, welche um gleiche Winkel ausschwingen, beschreiben gleiche und ähnliche Bögen, die ihre Fallräume darstellen; und in jedem Elemente ihrer Bahn

bleibt das Verhältniß ihrer relativen Schweren einerlei mit dem Verhältniß ihrer absoluten Schweren. Nun haben wir §. 19 gesehen, daß sich die Fallräume als Produkte aus den Quadraten der Zeiten in die Beschleunigungen der Schwere betrachten lassen. Sind also zwey Fallräume bey ungleichen Schweren gleich, so hat man $gt^2 = GT^2$ oder $g : G = T^2 : t^2$

$$\sqrt{g} : \sqrt{G} = T : t$$

die Fallzeiten verkehret wie die Quadratwurzeln aus den Schweren.

5) Bey Pendeln, welche von ungleichen Schweren getrieben werden und ihre Schwingungen doch in gleichen Zeiten vollenden, müssen sich die Längen der Pendel wie die Schwerkräfte verhalten.

Wir haben gesehen, daß sich die Fallräume wie die Produkte aus den Schwerkräften in die Quadrate der Zeiten verhalten; die Fallräume werden bey den Pendeln durch die Schwingungsbögen dargestellet, und diese verhalten sich bey gleichen Schwingungswinkeln, wie die Längen der Pendel. Daher hat man $gt^2 : GT^2 = l : L$.
Soll nun $t = T$ seyn, so ist $g : G = l : L$.

§. 45.

Ein Pendel, welches seine Schwingungen in Zeit von einer Secunde vollendet, heißt ein Secundenpendel. Die Länge eines solchen Pendels ließ sich aus der Formel No. 2 §. 43 berechnen, wenn man den Fallraum in einer Secunde $= g$ anderswoher als bekannt voraussetzt. In der Ausübung ist man umgekehret verfahren, man hat die Länge des Secundenpendels durch Versuche bestimmt, und daraus den Werth von g abgeleitet. Zur Bestimmung der Länge des Secundenpendels bieten sich hauptsächlich

zwey Wege dar. 1) Man verkürzet oder verlängert ein einfaches Pendel so lange, bis es genau Secunden schwinget, d. i. 3600 Schwingungen in einer Stunde mittlerer Sonnenzeit macht. Oder 2) man hängt ein Pendel von bekannter Länge auf, zählet dessen Schwingungen in einer Stunde, und berechnet dann nach No. 3 §. 43 aus der bekannten Länge des Pendels, und der beobachteten Schwingungszeit desselben die Länge des Secundenpendels.

Es habe z. B. ein Pendel, von bekannter Länge l, n Schwingungen in einer Stunde gemacht, so ist seine Schwingungszeit $\frac{3600}{n}$ Secunden, und man hat

$$\frac{3600^2}{n^2} : 1^2 = l : x = \text{der Länge des Secundenpendels.}$$

Bemerken wir uns, daß die Länge des Secundenpendels zu Paris (48°50′ geogr. Br.) 3 Fuß 0 Zoll 8,6 Linien altes Maaß = 0,9939 Meter gefunden worden ist.

Ferner haben Beobachtungen gelehret, daß dasselbe Pendel, welches zu Paris Secunden schwingt, unter dem Aequator längere, und gegen die Pole der Erde zu kürzere Schwingungen macht. Soll ein Pendel überall Secunden schwingen, so muß es unter dem Aequator verkürzet, unter dem Pole verlängert werden.

Dieß hat einen directen Beweiß von der Abnahme der Schwerkraft von den Polen nach dem Aequator hin geliefert. Da nach No. 5 §. 43 sich die Längen gleichzeitiger Pendel wie die Schweren, also auch die Unterschiede ihrer Längen sich wie die Unterschiede der Schweren verhalten, diese (§. 24) im Verhältnisse der Quadrate der Sinusse der Breite stehen, so war es hinreichend, an einigen Orten von bekannter geographischer Breite, so wie unter dem Aequator die Länge des Secundenpendels mit der gehörigen

Schärfe zu bestimmen, um daraus die Länge des Secundenpendels für jeden Ort der Erde, dessen geographische Breite gegeben ist, berechnen zu können.

Sehr genaue Beobachtungen über die Länge des Secundenpendels sind vorzüglich von Bouguer unter dem Aequator, von Borda und Biot zu Paris, von letzteren und Capitain Cater zu verschiedenen Zeiten zu Leith und auf der Schottländischen Insel Unst angestellet worden. Vieler anderen Beobachtungen nicht zu gedenken.

Die Beobachtungen von Bouguer gab die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator 3′0″7,21‴ alt franz.
von Borda zu Paris — — 3′0″8,60‴ Maaß.
Wie weit man es in der Schärfe dieser Bestimmungen jetzt gebracht hat, beweißet die Uebereinstimmung von Biots und Kater's Beobachtungen; welche die Länge des Secundenpendels zu Leith und Unst nur um 0,007143 und 0,004235 Millimeter verschieden fanden.

Die Länge eines Pendels mit der größten Schärfe zu messen, verursacht in der Ausübung mehr Schwierigkeit als man glauben sollte. Daher pfleget man die Länge eines Pendels, welche ein Mahl genau bestimmt worden ist, nicht gerne zu verändern, sondern lieber mit demselben Pendel an verschiedenen Orten zu beobachten. Aus der Zahl der in einer bestimmten Zeit sich ergebenden Schwingungen lässet sich dann nach den §. 43 angeführten Lehrsätzen, das Verhältniß der Schweren, und die Länge des Secundenpendels an den Beobachtungsorten herleiten.

Borda's und Bouguer's Beobachtungen zum Grunde geleget, findet sich die Zunahme der Länge des Secundenpendels vom Aequator zum Pole 2,38 Linien, und der Ausdruck

$$3'0''7,'''21 + 2,38 \text{ Sin. } B^2$$

giebt hiernach die Länge des Secundenpendels an einem Orte, dessen Breite = B ist.

§. 46.

Die vorgetragenen Sätze gelten in aller Strenge nur von dem einfachen Pendel, welches im luftleeren Raume schwänge. Der Einfluß der Luft auf das Pendel ist von doppelter Art: 1) verlieret der schwere Körper des Pen-

dels einen Theil seiner Schwerkraft in der Luft, und zwar nach hydrostatischen Gesetzen desto mehr, je geringer sein specifisches Gewicht gegen das specifische Gewicht der Luft ist; 2) widersteht die Luft den Bewegungen des Pendels, und dieser Widerstand hängt von der Gestalt und der Geschwindigkeit des schwingenden Körpers, so wie von der Dichte der Luft ab; er ist sehr gering bey schweren Pendeln die der Luft eine Schneide darbieten. Der gesammte Einfluß der Luft macht, daß die Länge des beobachteten Secundenpendels kürzer ausfället, als sie die Theorie giebt. Endlich können wir eigentlich nie einfache Pendel, sondern nur zusammengesetzte beobachten, bey welchen mehrere (eigentlich unzählig viele) schwere Puncte zugleich schwingen, und es muß daher der Schwingungspunct des zusammengesetzten Pendels, nach ähnlichen Grundsätzen wie §. 50 bey dem Hebel gesucht, und die Entfernung des Schwingungspuncts vom Aufhängepunct für die wahre Länge des Pendels genommen werden.

Seit Huyghen's Zeiten bedienet man sich des zusammengesetzten, mit einer schweren Linse versehenen Pendels, um den Gang der astronomischen und anderer größerer Räderuhren gleichförmig zu machen. Die Schwingungen der Pendelstange setzen einen doppelten Haken in Bewegung, welcher abwechselnd auf der einen und andern Seite in die Zähne des Steigrades einfällt, und seinen Gang für einen Augenblick hemmt. Hat das Steigrad (wie gewöhnlich) 30 Zähne, und das Pendel schwingt Secunden, so wird das Rad, bis es ein Mahl herum kommt in einer Minute 2 . 30 = 60 Mahl angehalten. Soll die Bewegung recht gleichförmig ausfallen, so muß das Moment der Trägheit des Pendels groß genug seyn, um die beschleunigende Kraft des die Uhr treibenden Gewichts am Umfang des Steigrads zu hemmen, und die Rückwirkung der Uhr auf das Pendel, muß diesem das an bewegender Kraft ersetzen, was es durch die Reibung und den Widerstand der Luft verlieret.

Hierbey kommt viel auf die vortheilhafteste Gestalt der Zähne des Steigrades und des Hakens an. Das Nähere muß man in practischen Schriftstellern über die Uhrmacherkunst suchen. (Siehe Geißlers Lehrbegriff der Uhrmacherkunst. Leipzig bey Crusius.) Die Hemmung und Regulirung der Taschenuhren wird durch ein mit einer Spiralfeder verbundnes Schwungrad (die Unruhe genannt) erhalten. Die Spiralfeder ist mit ihrem äussern Ende an dem Gehäuse der Uhr, mit ihrem innern an der Axe der Unruhe befestiget. An dieser Axe (die Spindel genannt) sind zwey Lappen (Hervorragungen) unter einem Winkel angebracht, welcher der Größe der Schwingungen der Unruhe entspricht. Die Lappen greifen abwechselnd in die Zähne des Kron- oder Steigrad's ein, welches hinwieder durch seine bewegende Kraft die Lappen zurückstösset, die Unruhe in entgegengesetzter Richtung dreht und dadurch die Spannung der Spirale vermehret. So entstehen durch die Wirkungen der Elasticität der Spiralfeder gleichzeitige Schwingungen der Unruhe, deren Dauer von der Spannung der Spirale und von der Größe und Schwere der Unruhe abhängen.

Bey einerlei Unruhe und Ausschlagewinkel, wird die Spirale desto stärker gespannet, je kürzer sie ist. Daher werden die Schwingungen schneller, und die Uhr geht geschwinder, wenn man die Spirale verkürzet.

So wohl die Schwingungen der Pendel als der Spiralfedern ändern sich mit der Temperatur, und werden langsamer bey zunehmender Wärme. Wie man diesem Einfluß durch die sogenannten Rostpendel und Compensatoren zu begegnen wußte, davon soll unten bey der Ausdehnung der Körper durch die Wärme geredet werden.

Vom Stoße fester Körper.

§. 47.

Ein bewegter Körper stößet einen andern, wenn er auf denselben trifft, und seine Bewegungen nicht ohne den andern mit zu bewegen fortsetzen kann. Man hat hierbey in Hinsicht der Richtung des Stoßes folgende Fälle zu unterscheiden.

Es bezeichne A Fig. 50 den stossenden, B den gestossenen Körper; wenn die Richtung des Stosses Cc, durch die Mittelpuncte der Schwere oder der Massen von beiden Körpern geht, so heißt der Stoß central, gegentheils eccentrisch. Zweytens, wenn die Richtung des Stosses auf der berührenden Ebene CD, an der Stelle wo sich die beiden Körper treffen, senkrecht ist, so heißt der Stoß ein senkrechter. Blos bey dem senkrechten und centralen Stoß fällt die ganze Wirkung des Stosses in die Richtung des stossenden Körpers. Den schiefen und eccentrischen erläutert Fig. 51. Es sey AC die Richtung des stossenden Körpers, welche man im Augenblick, wo sich die Körper treffen, nach ab wirkend denken kann. Die Kraft ab lässet sich in die Seitenkräfte nach ad und db zerlegen, die letztere wirkt senkrecht und central; die erstere als eine den gestossenen Körper blos nach der Tangente bf streifende Kraft, wirkte auf denselben gar nicht, wenn keine Reibung zwischen dem stossenden und gestossenen Körper Statt fände; da aber dieß immer der Fall ist, so wird durch die Kraft nach bf zugleich eine Umdrehung des gestossenen und stossenden Körpers um ihre respective Schwerpuncte entstehen. Dieß macht die Betrachtung des schiefen Stosses, der sich sonst mit Hülfe der Zerlegung der Kräfte auf den senkrechten zurückführen lässet, viel verwickelter. Hier können wir uns blos auf eine nähere Erläuterung des senkrechten und centralen Stosses einlassen. Dabey müssen wir ferner unterscheiden, ob die Körper hart, weich, elastisch oder unelastisch sind. Wir machen mit der Betrachtung des Stosses harter unelastischer Körper den Anfang, weil sie zu den einfachsten Resultaten führet, obwohl es strenge genommen, keine solche Körper in der Natur giebt.

§. 48.

1) Wenn ein harter unelastischer Körper A mit einer gewissen Geschwindigkeit = C auf einem ruhenden B von ähnlicher Beschaffenheit stösset, und denselben vor sich hertreibt, so muß die bewegende Kraft, welche vor dem Stoß allein die Masse A fortführte, nun die Summe der Masse von A und B in Bewegung setzen. Sucht man also die Geschwindigkeit von beiden Körpern nach dem Stosse, so wird dieselbe nach dem Gesetze der Trägheit so viel Mahl kleiner seyn, wie viel Mahl die Summe der Massen größer ist, als die Masse des anstossenden Körpers.

Dieß druckt allgemein die folgende Formel aus

$$x = \frac{A \,.\, C}{A + B}$$

Es seyen z. B. die Massen A und B einander gleich, so ist $x = \frac{1}{2}\, C$.

2) Wenn beide Körper in Bewegung vor dem Stosse sind, so unterscheide man zwey Fälle: entweder sind die Richtungen bey der Bewegung entgegengesetzt, oder sie gehen nach derselben Seite hin.

Im ersten Falle wird die kleinere bewegende Kraft so viel von der größern vernichten als sie beträget, und der Ueberschuß der größern Kraft wird sich unter die Summe der Massen vertheilen. Daher findet man die Geschwindigkeit nach dem Stoße, wenn man jenen Ueberschuß an Kraft durch die Summe der Massen theilet.

Dieß stellet die Formel dar: $x = \frac{A \,.\, C - B \,.\, c}{A + B}$

Es sey z. B. $A = B$, $C = 2c$ giebt $x = \frac{1}{2}\, c$.

Wenn die Bewegungen nach einer Gegend zu gehen, also die Kräfte einander nicht entgegenstreben, son-

dern sich vielmehr unterstützen, so vertheilet sich ihre Summe durch den Stoß gleichförmig unter die Summe der Massen, und man findet die Geschwindigkeit nach dem Stoß, wenn man die Summe der Kräfte, d. i. der Größen der Bewegung vor dem Stoße durch die Summe der Massen theilet.

Dieß giebt die Formel:

$$x = \frac{A \,.\, C + B \,.\, c}{A + B}$$

z. B. $A = B$, $C = 2c$

$x = \frac{3}{2}\, c.$

Aus den vorgetragenen Gesetzen des Stosses harter Körper ergeben sich mehrere Folgen.

Z. B. Gewinnst und Verlust an Bewegung bey dem Stosse sind einander gleich, und falls die Massen gleich sind, auch Gewinnst und Verlust an Geschwindigkeit. Sind die Massen ungleich, so verhalten sich Gewinnst und Verlust an Geschwindigkeit verkehret wie die Massen.

Stösset daher eine endliche Masse gegen eine unendlich große ruhende an, so verlieret sich die Geschwindigkeit beider ins Unendlichkleine; d. i. beide Massen ruhen nach dem Stosse. Ein Körper kann daher als absolut befestiget betrachtet werden, wenn er mit einer unendlich großen Masse (z. B. der Erde) so verbunden ist, daß er sich nicht ohne dieselbe bewegen kann.

§. 49.

Wenn die an einander stossenden Körper weich und unelastisch sind, so werden sie zwar durch den Stoß wechselseitige Eindrücke auf einander machen, da aber hierdurch keine Rückwirkung veranlasset wird, so müssen im Ganzen genommen die Gesetze des Stosses für weiche unelastische Körper dieselben, wie für harte unelastische seyn. Der Unterschied liegt nur darin, daß man sich bey weichen Körpern die Wirkungen des Stosses in unendlich kleinen Zeittheilchen nach und nach erfolgend denken muß.

Da aber für unsre Sinnen nur die Endresultate wahrnehmbar sind, so können wir auch keinen Unterschied in den Gesetzen des Stosses harter und weicher unelastischer Körper finden.

Da wir eher weiche Körper antreffen, als harte, welche keine Elasticität besitzen, so pfleget man den Stoß unelastischer Körper durch den Stoß weicher Körper, z. B. an Kugeln von Bley, zu erläutern. Die Vorrichtung, deren man sich gewöhnlich dazu bedienet, ist folgende. Man hängt zwey Kugeln A, B Fig. 52 pendelartig auf, so daß sie ihre Schwingungen vor einem in gleiche Theile getheilten Kreißbogen machen, dessen Mittelpunct c sehr nahe mit den Aufhängepuncten beider Kugeln zusammen fället. Die Kugeln mögen gleiche Massen haben, hebt man z. B. die Kugel A um den Bogen 02, an, und lässet sie pendelartig schwingend gegen B stossen, so werden beide Kugeln nach dem Stosse den Bogen 01 durchlaufen. Denn, wenn A an B stößt, so hat sie eine Geschwindigkeit, welche der Fallhöhe oo zugehöret, und wenn beide Kugeln durch den Bogen 01 steigen, so haben sie eine Geschwindigkeit, welche der Höhe oc zugehöret. Nun verhalten sich aber die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen, und die Bögen (so lange sie klein sind) verhalten sich wie die Quadratwurzeln ihrer Sinusversus, welches hier die Fallhöhen sind, folglich stellen die zurückgelegten Bögen auch die respectiven Geschwindigkeiten dar.

§. 50.

Wenn zwey elastische Körper gegen einander stossen, so machen sie wechselseitig Eindrücke auf einander, und diese stellen sich vermöge der Elasticität wieder her, wodurch eine wechselseitige Rückwirkung entsteht, die bey vollkommner Elasticität gerade so groß als die Einwirkung ist. Nun finden in der Natur Einwirkung und Rückwirkung in den kleinsten Zeitmomenten gewiß zugleich Statt, wenn es aber blos um die wahrnehmbaren Endresultate des Stosses gilt, so ist die Voraussetzung erlaubt, als ob die

gesammte Einwirkung der gesammten Rückwirkung voraus gehe. Man denke sich daher die Körper vorerst weich und unelastisch, suche ihre Geschwindigkeit nach dem Stosse, beurtheile daraus und den respectiven Geschwindigkeiten vor dem Stosse die Größe der wechselseitigen Einwirkung, und denke sich diese in entgegengesetzter Richtung hinzugefüget, so erhält man die Geschwindigkeiten der elastischen Körper nach dem Stosse.

1ter Fall.

A stosse mit der Geschwindigkeit C, B ruhe.

Für die unelastischen Körper fanden wir die Geschwindigkeit nach dem Stosse (§. 48) $x = \frac{AC}{A + B}$

Es hat also A an Geschwindigkeit verloren $C - x$, eben so groß ist die Ein- und Rückwirkung vermöge der Elasticität von B, letztere ist aber der Geschwindigkeit von A entgegengesetzt, daher die wirkliche Geschwindigkeit von $A = x - (c - x) = 2x - c$

B hat die Geschwindigkeit x durch den Eindruck von A erhalten, und eben so viel erhält es durch die Rückwirkung von A, daher die wirkliche Geschwindigkeit von $B = 2x$.

2ter Fall.

Wenn A und B mit entgegengesetzten Geschwindigkeiten $+ C$, $- c$ gegen einander stossen. In diesem Falle wäre die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der unelastischen Körper nach dem Stosse

$$+ x = \frac{AC - Bc}{A + B} \quad (48)$$

daher der Verlust an Geschwindigkeit von $A = C - x$

Rückwirkung von $B = - c + x$

wirkliche Geschwindigkeit von $A = x - C + x = 2x - C$

Gewinnst an Geschwindigkeit von B in der Richtung von A = c + x

Rückwirkung von A = c + x

gesammte Geschwindigkeit von B = x + c + x = 2x + c

3ter Fall.

Beide Körper bewegen sich nach einerlei Richtung, mit den Geschwindigkeiten C, und c.

Hier fanden wir für die Geschwindigkeit der unelastischen Körper nach dem Stosse

$$x = \frac{AC + Bc}{A + B} \text{ (§. 48).}$$

Verlust an Geschwindigkeit von A = C — x gleich der Einwirkung, gleich der Rückwirkung von B, daher die wirkliche Geschwindigkeit von A = x — (C — x) = 2x — C

Gewinnst an Geschwindigkeit von B = x — c, gleich der Rückwirkung von A, daher die wirkliche Geschwindigkeit von B = x + (x — c) = 2x — c.

Beyspiele.

1) Es seyen im ersten Falle A = B so ist x = ½ C und die Geschwindigkeit von A = C — C = 0 die Geschwindigkeit von B = ½ C + ½ C = C die stossende Kugel ruht, und die gestossene geht mit der Geschwindigkeit der anstossenden fort.

Es sey eine ganze Reihe elastischer Kugeln von gleicher Masse so aufgehängt, daß sie sich wechselseitig berühren, lässet man eine der äussersten Kugeln gegen die Reihe anstossen, so fähret die andere äusserste mit der Geschwindigkeit der anstossenden weg. Lässet man die beiden ersten Kugeln anstossen, so fahren die beiden letzten weg, und alle zwischen liegenden ruhen u. s. w. Die Erscheinung erkläret sich leicht aus dem eben berechneten Falle; nur muß man, wenn zwei oder mehrere Kugeln scheinbar zugleich stossen, die Wirkungen der einzelnen Stösse sich in sehr kleinen Zeittheilchen auf einander folgend denken, so daß die Wirkung der ersten Kugel vorüber ist, wenn die der zweiten beginnt.

2) Die Masse der ruhenden Kugel B = 1, die Masse

der stossenden A = 2, so erhält man für die Geschwindigkeit nach dem Stosse, von $A = \frac{4}{3} C - C = \frac{1}{3} C$
$B = 2 \cdot \frac{2}{3} C = \frac{4}{3} C.$

Denkt man sich eine Reihe von n + 1 Kugeln, deren Massen alle in dem Verhältnisse von 2 : 1 stehen, und die erste gegen die übrigen n anstossend mit der Geschwindigkeit c, so wird die letzte mit einer Geschwindigkeit $(\frac{4}{3})^n \cdot c$ wegfahren, welche Geschwindigkeit immer größer wird, je größer die Anzahl der Kugeln ist.

Nimmt man im 2ten Falle A = B so wird

$$x = \frac{C - c}{2}$$

die Geschwindigkeit von $A = 2 \cdot \left(\frac{C - c}{2}\right) - C = - c$

die Geschwindigkeit von $B = 2 \left(\frac{C - c}{2}\right) + c = + C$

also die Geschwindigkeiten nach dem Stosse der Richtung und Größe nach verwechselt, folglich springen die Kugeln mit derselben relativen Geschwindigkeit von einander zurück, mit welcher sie sich vor dem Stosse genähert hatten.

Andere Folgen, welche man aus den Gesetzen des Stosses der elastischen Körper abgeleitet hat, wie z. B. daß die Summe der Produkte aus den Massen die Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stosse gleich bleiben, müssen wir hier übergehen.

Nicht blos feste, sondern auch die flüssigen Körper sind ähnlichen Gesetzen des Stosses unterworfen, wenn die flüssigen Körper in Masse, wie z. B. bey dem Stoßheber wirken. Wirken hingegen die einzelnen flüssigen Theilchen unabhängig von einander, so tretten andere Gesetze des Stoßes ein, wovon das Weitere unten folgen wird.

Theorie der Schwere als einer allgemeinen durch den Weltraum verbreiteten Kraft.

§. 51.

Vergleichen wir die Wirkungen der Schwere, wie wir sie an der Oberfläche der Erde haben kennen gelernt, mit

den Wirkungen anderer anziehender Kräfte, wie sie sich in den Erscheinungen der Cohäsion offenbaren, so finden wir so viel ähnliches, daß man schon dadurch geneiget werden muß, die Erscheinungen der Schwere als die Folge einer anziehenden Kraft zu betrachten, die durch die ganze Masse des Erdkörpers geichförmig verbreitet sey, und in einem gewissen Verhältnisse der Entfernungen der Theilchen von einander abnehmen. Wir wollen mit Newton annehmen, es stehe die Kraft der Schwere im directen Verhältnisse der Massen, und in dem verkehrten der Quadrate der Entfernungen: so folget aus dieser Voraussetzung 1) daß die gesammte Wirkung der Anziehung des Erdkörpers auf einen Punct ausser ihr nach einer Richtung erfolgen müsse, welche gegen den Mittelpunct der Erde gekehret, oder überall senkrecht auf ihrer Oberfläche sey, wie es die Erfahrung beståttiget, und 2) daß die Größe dieser Anziehung eben so ausfalle, als ob die gesammte Masse des Erdkörpers in ihrem Mittel- oder Schwerpuncte vereiniget wäre.

Der erste Satz lässet sich aus der Zusammensetzung der Kräfte leicht einsehen. Es bezeichne adbe Fig. 53 die anziehende Kugel p den angezognen Punct ausser ihr, a, b zwey wirksame Elemente in gleichen Entfernungen diesseits und jenseits der Linie cp. Die anziehenden Kräfte dieser Elemente mögen durch pr, pq dargestellet werden, sie lassen sich in die Kräfte nach py und pt, so wie nach px und pt zerlegen, da nun px und py als gleich und entgegengesetzt einander aufheben, so ist die resultirende Kraft = 2 . pt. Gleiche Schlüsse lassen sich auf je zwei ähnlich gestellte Elemente durch die ganze Kugel anwenden, und so sieht man, daß das gemeinsame Resultat der Anziehung aller Elemente auf den Punct p in die Richtung pc fallen müsse. Sucht man mit Hülfe der Integralrechnung die gesammte Wirkung

aller einzelnen Elemente auf den Punct p, unter der Voraussetzung, daß die Wirkung jedes einzelnen Elementes in dem verkehrten Verhältnisse des Quadrates seiner Entfernung von dem Puncte p stehe, so ergiebt sich für die Gesammtwirkung ein Ausdruck, welcher durch die Masse der ganzen Kugel dividiret, durch das Quadrat von cp dargestellet wird. Dieß ist der zweyte Satz.

Aus der Newtonschen Theorie der Schwere ergeben sich mehrere Folgen, welche zur Prüfung derselben durch die Erfahrung dienen.

Es bezeichne p Fig. 54 einen über der Oberfläche der Erde erhabenen Punct, z. B. die Spitze eines hohen Berges d einen an der Oberfläche der Erde liegenden Punct. Es heiße der Halbmesser der Erde cd = r, die Höhe des Berges = x, so ist nach Newton's Gesetz die Schwere in d zur Schwere in p = $(r + x)^2 : r^2$.

Es ist §. 44 gezeiget worden, daß die Schwingungszeiten von gleich langen Pendeln sich verkehret wie die Quadratwurzeln aus den Schweren verhalten, oder was einerlei ist, die Quadrate der Schwingungszeiten verkehret wie die Schweren, folglich die Quadrate der Schwingungszahlen in gleichen Zeiträumen direct wie die Schweren.

Nennt man die Anzahl der Schwingungen, welche dasselbe Pendel in einem Tage in d und p macht = N, und n, so hätte man nach Newton's Satz

$$N^2 : n^2 = (r + x)^2 : r^2$$
$$N : n = r + x : r.$$

Setzen wir den Halbmesser der Erde

r =	860	geogr.	Meilen
x =	1/4	—	—
N =	98770	—	—

so erhalten wir

$860\frac{1}{4} : 860 =$

$3441 : 3440 = 98770 : 98741$

Das Pendel würde auf dem Gipfel des Berges nur 98741 Schwingungen in einem Tage machen.

Nach Bouguer machte dasselbe Pendel an den Ufern des Amazonenflusses 98770 Schwingungen, und zu Quito (6180 par. Fuß, etwas über $\frac{1}{4}$ Meile höher) 98740 Schwingungen in einem Tage.

Es bezeichne d Fig. 54 einen Berg von bedeutender Masse, a und b zwei nördlich und südlich am Fuße desselben gelegne Beobachtungsorte, in welchen man zwei empfindliche Pendel aufgehangen habe. Wenn nun alle Theile des Erdkörpers anziehende Kraft besitzen, so muß die Anziehung das Berges das nördliche Pendel südlich, und das südliche Pendel nördlich ablenken. Daher werden die in a beobachteten nördlichen Zenithdistanzen der Sterne kleiner, und die in b beobachteten größer ausfallen.

Der Unterschied vermindert um den Unterschied der geographischen Breiten der Beobachtungsorte ba giebt die doppelte Wirkung der Anziehung des Berges.

Solche Beobachtungen stellte zuerst im vorigen Jahrhundert der englische Astronom Maskelyne am Berge Shehallin in Schottland an, und fand, daß durch die Wirkung der Anziehung des Bergs diesseits und jenseits das Pendel um einen Winkel von 11,66 Secunden abgelenkt wurde. Dr. Hutton berechnete aus dieser Ablenkung, der Größe, Dichtigkeit und Masse des Berg's, die mittlere Dichte der Erde = 4,5.

Eine Revision der hierzu nöthigen Rechnungen und [Beob]achtungen im Jahre 1811 gaben für die mittlere

Dichte des Berges 2,804, und für die mittlere Dichte des Erdkörpers 4,713.

Auch stellte v. Zach im Jahre 1810 an dem Mont Mimet ohnweit Marseille, ähnliche Beobachtungen und Messungen an, die zwar wegen der viel geringern Masse dieses Berges nur eine Ablenkung des Pendels von 2 Secunden gaben, indessen doch die Wirkung der anziehenden Kraft der Berge auf das Pendel vollkommen bestättigten.

Da die Anziehung zwischen zwei Massen wechselseitig ist, so wird die Erde so gut von einem fallenden Stein, als dieser von jener gezogen. Weil aber die Massen der auf der Oberfläche der Erde befindlichen Körper, gegen die Masse der gesammten Erde als unendlich klein zu betrachten sind, so kann man jene Rückwirkung auf die Erde übersehen, und die Bewegung der schweren Körper auf der Oberfläche der Erde, als eine Folge der Anziehkraft der Erde allein betrachten.

§. 52.

Hat man einmahl die Ueberzeugung gewonnen, daß die Anziehkraft der Erde sich auf Körper erstrecke, welche nicht in Berührung mit ihrer Oberfläche sind; so ist nun kein Grund mehr vorhanden, dieser Kraft in die Ferne Grenzen zu setzen. Vielmehr müssen wir mit Newton annehmen, die Kraft erstrecke sich durch den Weltraum, jedoch in stets abnehmender Stärke, wie die Quadrate der Entfernungen von dem Mittelpuncte der Anziehung größer werden. Diese Voraussetzung wird durch die Bewegung des Mondes um unsere Erde bestättiget. Der Abstand dieses Weltkörpers von der Erde beträget in der mittlern Entfernung 60 Erdhalbmesser, und er vollendet seine Bahn um die Erde in 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten. Seine mittlere Geschwindigkeit beträget daher in einer Minute 33 Secunden im Bogen. Der Quersinus dieses

Winkels mit dem 60fachen Halbmesser der Erde multiplicirt giebt 15,06 par. Fuß für die Fliehkraft des Mondes in einer Minute. Eben so groß ist die Wirkung der Erdschwere in der Entfernung des Mondes nach dem newtonschen Gesetz; denn da sie dort 60 mahl 60 geringer als an der Oberfläche der Erde ist, so erzeuget sie dort in einer Minute eben so viel Bewegung als hier in einer Secunde.

Der Mond zieht eben so die Erde an, wie diese den Mond, da aber seine Masse nur $^{14}/_{1000}$ von der Masse der Erde beträget, so ist auch seine Anziehkraft in demselben Verhältnisse kleiner, und an der Oberfläche der Erde beträget diese Kraft nur ein $\frac{14}{1000 \cdot 59^2}$ Theil oder $^{1}/_{248571}$ von der Erdschwere. Man darf also nicht erwarten, daß die anziehende Kraft des Mondes Theilchen von dem Erdkörper, wenn sie auch beweglich sind, wie Luft oder Wasser wirklich trennen und fortführen könne. Wohl aber erzeuget diese Kraft, welche auf die flüssigen Theile des Erdkörpers (Wasser und Luft) mit ungleicher Stärke, auf die ihr näher liegenden Theile stärker als auf die entfernteren wirkt, verbunden mit der Axenumdrehung der Erde ein Schwanken in dem Weltmeere, so wie in der Atmosphäre; die Ebbe und Fluth, welche periodisch mit dem Durchgang des Mondes durch den Meridian wiederkehret, und sich in Hinsicht ihrer Stärke zugleich nach dem Stande des Mondes gegen den Aequator und gegen die Sonne richtet.

§. 53.

So wie der Mond sich um die Erde beweget, so bewegen sich die Erde und alle übrigen Planeten mit ihren Nebenplaneten um die Sonne. Wir können also schon der Analogie nach schliessen, daß eine ähnliche Kraft zwischen

der Sonne und allen Planeten Statt finden müsse, wie wir sie zwischen der Erde und dem Mond als wirksam erkannt haben. Daß dem wirklich so sey, lehret weiter folgende Betrachtung. Kepler hat aus der Vergleichung der Umlaufszeiten der Planeten unter einander, und ihrer Entfernungen von der Sonne das Gesetz abgeleitet: daß die Würfel der mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne sich verhalten wie die Quadrate ihrer Umlaufszeiten. Berechnet man, dieß Keplerische Gesetz zum Grunde legend, die Fliehkräfte der Planeten in ihren Bahnen, so sieht man, daß sie sich verkehret wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne verhalten, daher muß auch die anziehende Kraft der Sonne gegen die Planeten in demselben Verhältnisse stehen. Weiter zeigte Kepler, daß die Bahnen der Planeten um die Sonne nicht Kreiße, sondern Ellipsen seyen, in deren unterm Brennpunct die Sonne stehet, woraus sich die durch Beobachtungen erwiesene ungleichförmige Geschwindigkeit der Planeten in ihren Bahnen nach dem §. 21 angeführten Gesetze erkläret. Newton bewieß, daß die Centralkraft der Sonne, unter der Voraussetzung einer elliptischen Bahn, im verkehrten Verhältnisse des Quadrates des Abstandes des Planeten von der Sonne seyn müsse. So dienten also Keplers Entdeckungen der newtonschen Lehre von der allgemeinen Anziehung zur weitern Begründung, so wie umgekehret jene durch diese erst erkläret worden sind. Indessen bemerkten die Astronomen später, daß die Voraussetzung von den elliptischen Bahnen die Bewegungen der Planeten nicht vollständig erklärten, sondern daß gewisse anscheinende Unregelmäßigkeiten zurückblieben, welche periodisch wiederkehrten. Man nannte sie Störungen der elliptischen Bahnen und suchte aus den Beobachtungen, Gleichungen für ihre Gesetze herzuleiten, indem man jene ellip-

tischen Bahnen in Hinsicht der Lage ihrer großen Axen, und der Durchschneidungspuncte ihrer Ebenen mit der Erdbahn oder der Ecliptik, durch die wechselseitige Anziehung der Planeten unter einander als veränderlich betrachtete. Schon Newton hatte in seinen Principien der Naturphilosophie bewießen, daß wenn drei Körper wie z. B. Sonne, Erde und Mond sich wechselseitig anziehen, die Bahnen der Planeten um ihren Centralkörper dann keine Ellipsen mehr seyn können. Indessen wurde das so schwierige Problem von der Wechselanziehung dreier oder mehrerer Körper, erst nach Newtons Tod durch die Bemühungen der berühmsten Mathematiker und Astronomen neuerer Zeit so vollständig gelöset, daß mit Hülfe desselben die sämmtlichen Stöhrungen der Bewegungen der Planeten auf das Gesetz der allgemeinen Gravitation zurückgeführet werden konnten, wovon La Place's Mechanik des Himmels den bündigsten Beweiß liefert.

Betrachten wir die Himmelskörper durch stark vergrößernde Fernröhre, so werden wir, so weit nur die verstärkte Sehkraft des Auges reicht, überall runde, oder mehr und weniger abgerundete Gestalten gewahr. Schon dieß berechtiget uns zu der Voraussetzung, es mögen in den fernsten Weltkörpern, so wie auf unsrer Erde ähnliche Kräfte wirken, welche nicht blos die einzelnen Theile desselben Weltkörpers, sondern auch die Weltkörper selbst gegen einander treiben und zu einem großen Systeme vereinigen.

Ob dereinst zur Erklärung himmlischer Erscheinungen noch andere Kräfte als die Gesetze der Trägheit und Schwere angenommen werden müssen, mögen künftige Geschlechter entscheiden, deren Kenntnisse und Vollkommenheit der Hülfsmitteln sich zu den jetzigen verhalten wie die unsrigen zu denen früherer Jahrhunderte. Immer wird es ein hoher Triumph des menschlichen Verstandes bleiben, aus so wenigen und einfachen Voraussetzungen, so vieles erkläret zu haben.

Vierter Abschnitt.

Von dem Gleichgewichte und der Bewegung tropfbar flüssiger Körper, und insbesondere von den Wirkungen der Schwerkraft auf dieselben.

§. 51.

Unter den tropfbar flüssigen Körpern verstehen wir nach §. 9 solche, deren einzelne Theile für sich beweglich sind und dabey keinen bemerkbaren Widerstand weder durch Cohäsion noch Reibung äussern, ob sie gleich ein Bestreben besitzen, unter sich Tropfen zu bilden. Es giebt eigentlich keinen vollkommen flüssigen Körper der Art, jedoch nähert sich das Wasser diesem Bilde, und wir verstehen in der Folge, der Kürze wegen, unter Wasser jeden tropfbar flüssigen Körper.

Jede Kraft, welche auf das Wasser wirkt, pflanzet sich in demselben nach allen Richtungen in gleicher Stärke fort.

Dieser Satz wird durch die Erfahrung gerechtfertiget. Man denke sich ein Gefäß voll Wasser oben mit einer Oeffnung versehen, in die ein wohl schliessender beweglicher Stempel passe. Rund um an dem Gefäse seyen mehrere

Klappen angebracht von gleicher Größe mit der Oeffnung. Versucht man den Stempel nieder zu drücken, so fahren alle Klappen zu gleicher Zeit auf. Wollte man sie zurückhalten, so müßte man an jeder eine Kraft anbringen, welche der Kraft des Stempels in der Oeffnung gleich käme. Wäre die Oberfläche des Gefäses 1000 mahl größer als die Oberfläche des Stempels, und auf diese wirkte eine Kraft von einem Pfund, so würde daraus eine Kraft von 1000 Pfund gegen die ganze Oberfläche entstehen. Ob man diese Vervielfältigung der Kraft blos aus der Flüssigkeit erklären könne, möchte fast zu bezweifeln seyn.

Denken wir uns eine jede Flüssigkeit nach §. 10 als eine Auflösung im Wärmestoff, und schreiben wir ihr Elasticität zu, die mit der Cohäsionskraft der Theile ins Gleichgewicht gekommen ist, so wird begreiflich, wie eine jede von aussen her auf die Flüssigkeit wirkende Kraft, die Spannung im Innern derselben nach allen Richtungen hin erhöhen müsse.

Einfache Versuche zur Erläuterung des vorstehenden Erfahrungssatzes, sind folgende.

Man fülle eine Blase mit Wasser und befestige in ihrem Hals eine unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre, lege dann die Blase so auf einen Tisch, daß der aus der Blase hervortrettende längere Schenkel der Glasröhre vertical zu stehen komme. Drückt man mit der flachen Hand auf die Blase, so muß man eine bedeutende Kraft anwenden, um das Wasser mehrere Zolle in der Glasröhre ansteigen zu machen. Drückt man blos mit der Spitze eines Fingers auf die Blase, so wird dieselbe Wirkung mit einer viel kleineren Kraft hervorgebracht.

Man bringe in die mit Wasser gefüllte Blase ein Ey oder einen andern zerbrechlichen Körper, binde sie fest zu und beschwere sie mit vielen Gewichten, das Ey wird wegen des gleichförmigen Drucks, welchen das Wasser von allen Seiten her ausübt, nicht zerbrechen. Hieraus erkläret sich der Nutzen des Kindswassers, welches die Frucht in dem Leibe der Mutter umgiebt.

§. 55.

Eine in einem Gefäß enthaltne schwere Flüssigkeit kann nur dann im Gleichgewicht seyn, wenn ihre Oberfläche eine wagrechte Ebene bildet. Dieser Satz ist ebenfalls durch die Erfahrung gegeben. Man kann sich indessen auch durch Vernunftschlüsse überzeugen, daß die Erscheinung nicht anders erfolgen könne.

Es bezeichne ABCD Fig. 55 ein Gefäß voll Wasser. Wenn die Oberfläche desselben nicht wagrecht wäre, sondern sich bey E erhöbe, so könnte man sich von E aus nach A und D rund herum schiefe Ebenen denken, auf welchen sich die flüssigen Theilchen in der Oberfläche befänden. Sie würden vermöge ihrer relativen Schwere nach A und D zu getrieben werden, und da dieser Kraft keine Reibung entgegenwirkt, so müßten die Theilchen so lange herabfliessen, bis keine Erhebung in E mehr Statt fände. Ist dagegen die Oberfläche AD einmahl wagrecht, so werden alsdann alle Wassersäulen wie uv, xy von der Oberfläche bis zum Boden des Gefäßes ein gleiches Bestreben zu sinken äussern, folglich sich einander das Gleichgewicht halten.

Man kann den obenstehenden Satz allgemeiner so fassen: Eine schwere Flüssigkeit ist mit sich selbst im Gleichgewicht, wenn alle Elemente ihrer Oberfläche mit den Richtungen der Schwere rechte Winkel machen. Hieraus erkläret sich die kugelähnlich geformte Oberfläche des Weltmeeres.

§. 56.

Eine in einem Gefäß enthaltne schwere Flüssigkeit, drückt nicht blos nach unten, sondern auch gegen die Seitenwände, und die Pressung gegen jede einzelne Stelle der

Seitenwand ist der Größe dieser Stelle, und ihrer Tiefe unter der Oberfläche proportional.

Auch von der Wahrheit dieses Satzes kann man sich leicht durch Erfahrung überzeugen.

Es stelle ABCD Fig. 56 ein mit einer Oeffnung O in der Seitenwand versehenes Gefäß vor; von der Oeffnung gehe eine in gleicher Weite mit der Oeffnung aufwärts gekrümmte Röhre OFG in die Höhe. Gießet man Flüssigkeit in das Gefäß, so steiget dieselbe zugleich in der Röhre so an, daß G und AB in einer wagrechten Ebene sich befinden; dieß konnte man aus dem §. 55 angeführten Satze voraussagen. Nun drückt aber die flüssige Säule GF mit ihrem ganzen Gewichte niederwärts, diesem Drucke muß also ein gleich starker, aus dem Gefäße durch die Oeffnung entgegen kommen, und daraus folget, daß die Stelle der Oeffnung selbst einen Druck von der Flüssigkeit in dem Gefäße erleiden müsse, welche der Größe der Oeffnung und ihrer Tiefe unter der Oberfläche der Flüssigkeit proportional ist.

Man findet daher die Größe des Drucks auf der Stelle O der Seitenwand in Pfunden dargestellet, wenn man das Produkt aus der Fläche O mit ihrer Tiefe BO unter den Wasserspiegel durch das Gewicht eines Cubikzolles oder Cubikfußes der in dem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit vermehret. Nimmt man letzteres Gewicht zur Einheit an, so drückt der körperliche Raum, oder das Produkt aus O in OB die hydrostatische Pressung aus. So pfleget man immer zu verfahren, wenn es nur darum zu thun ist, verschiedne hydrostatische Pressungen unter einander zu vergleichen. Wollte man die Pressung auf die ganze Seitenwand BD finden, so müßte man die Pressung auf jede

einzelne Stelle O derselben suchen und alle diese Pressungen summiren.

Bemerken wir uns das Resultat dieser Rechnung: man suche die Tiefe des Schwerpuncts der Seitenfläche unter dem Wasserspiegel, und multiplicire dieselbe mit der Größe der Seitenwand, so erhält man die hydrostatische Pressung.

Denken wir uns unter BD ein Rechteck, so ist die Tiefe des Schwerpuncts gleich der halben Höhe, und die hydrostatische Pressung auf die Seitenwand halb so groß, als der Druck auf eine Bodenwand von gleicher Größe. Das Gewicht des Wassers in einem Gefäß von der Gestalt eines hohlen Würfelfußes, wird erstens mit seiner ganzen Kraft auf die Bodenfläche, sodann mit einer halb so großen Kraft auf jede der vier Seitenwände pressen. Der gesammte hydrostatische Druck ist also dreimahl so groß als das Gewicht des Wassers. Dieser Druck fället desto größer gegen das Gewicht aus, je größer die Oberfläche des hohlen Körpers gegen den körperlichen Inhalt ist, und je tiefer der Schwerpunct derselben unter dem Wasserspiegel liegt.

Hat das Element O der Seitenwand keine senkrechte, sondern eine schiefe Stellung, so gelten im Ganzen genommen dieselben Sätze auch für das schief gestellte Element, nur muß man sich die hydrostatische Pressung perpendicular auf die Richtung des Elements denken. Eine jede schief gerichtete Kraft lässet sich in eine horizontale und verticale zerfällen. Nun zeiget die Rechnung, daß die Summe aller verticalen Pressungen auf die Seiten- und Bodenwand eines Gefäßes, jederzeit dem Gewichte der in dem Gefäße enthaltnen Flüssigkeit gleich seyn müsse. Von den horizontalen Pressungen halten sich immer je zwey einander entgegengesetzte auf die Elemente O, o' das Gleichgewicht; daher darf man nicht erwarten, die Größe der hydrostatischen Pressungen durch die Wage bestimmen zu wollen.

Das Gewicht eines

pariser Cubikfußes Wasser ist	=	70 Pfund franz. Gewicht
— Cubikzolles	=	373⅓ Gran
darmstädter Cubikfußes	=	31¼ Pf. hess. Gewicht
— — Cubikzolles	=	1 Loth — —

Vermittelst dieser Zahlen kann man leicht den in Cubikfußen, oder Cubikzollen angegebenen Druck auf Gewichte bringen. Z. B. Wie groß ist der Wasser-Druck gegen eine Schleusse 10 darmstädter Fuß breit 4 Fuß hoch?

Antwort. 10 . 4 . 2 . 31¼ Pfund = 2500 Pfund.

Wie groß ist der Druck des Wasser gegen einen Damm, dessen Länge 100 pariser Fuß und dessen Höhe 10 — — beträget:

Antw. 10 . 100 . 5 . 70 Pf. = 350000 Pf. = 3500 Ct.

Hat das Wasser vor einer lothrechten Wand eine veränderliche Höhe, so wächset sein Druck im quadratischen Verhältnisse der Höhe.

§. 57.

Aus den in §. 55 und 56 vorgetragnen Sätzen können wir mehrere, für die Ausübung wichtige Folgen ziehen.

Es bezeichne DCABEF Fig. 57 einen Kanal, der aus einem engen und weiten Theil verbunden bestehe. Der weite Theil sey oben durch einen passenden Deckel DC geschlossen, man denke sich den ganzen Kanal bis F mit Wasser angefüllet, so wird auf DC eine Pressung von unten nach oben gehen, die dem Gewicht der Wassersäule DCHG gleich kommt; weil der weite Kanal bis GH in die Höhe geführet werden müßte, wenn das Wasser in demselben dem Wasser in EF das Gleichgewicht halten sollte. Denkt man sich unter DC einen beweglichen Kolben, welcher, wie bey den Druckpumpen, durch eine mechanische Gewalt niedergetrieben wird, um das Wasser durch die Röhre EF in die Höhe steigen zu machen, so muß die Kraft, welche auf den Kolben wirkt, dem Gewicht einer Wassersäule gleich seyn, die gefunden wird, wenn man

die Grundfläche des Kolbens mit seinem tiefsten Stand unter der Ausgußmündung bey F multiplicirt. Hierbey sind Reibung des Kolbens, und die Kraft, welche auf die Beschleunigung des Wassers verwendet werden muß, noch nicht in Anschlag gebracht.

Denkt man sich umgekehret die bewegende Kraft in der engern Röhre FE (sey dieß nun das Gewicht der Wassersäule selbst, oder eine andere Potenz) so wird dieselbe in ihrer Wirkung auf DC in dem Verhältniß der Querschnitte von FE zu DC vergrößert werden. Hierauf beruhen S'Gravesande hydrostatischer Balg, Wolf's anatomischer Heber, Bramah's, Real's, Romershausen's hydrostatische Pressen.

Die 58te Figur zeiget im Umrisse den senkrechten Durchschnitt einer hydrostatischen Wasser-Presse von Bramah. Die wesentlichsten Theile sind, eine in einem Wasserkasten stehende Druckpumpe EF, welche durch das Bodenventil i Wasser schöpfet, und es bey niedergehendem Kolben durch ein zweites Ventil k in den weitern Cylinder DCBA presset. Hier wirkt das Wasser gegen die untere Fläche des beweglichen Kolbens AB, treibt denselben in die Höhe, und mit ihm das bewegliche Stück der Presse GH. Um einen Begriff von der großen Wirksamkeit dieser Maschine zu geben, wollen wir annehmen, der Durchschnitt der Pumpe verhalte sich zum Durchschnitt des Cylinders AB = 1 : 100 (welches für das Verhältniß der Durchmesser 1 : 10 gäbe) der Hebelarm ab : ac = 1 : 3; an c wirke die Kraft eines Menschen mit 25 Pf., so entsteht daraus eine Kraft auf den Kolben von 7500 Pfunden. Auf denselben Grundsätzen beruhen die so wirksamen Wassersäulen-Maschinen. An diesen stürzt eine Wassersäule durch eine Fallröhre FE Fig. 57 herab, und wirkt in einem weiten Cylinder auf einen beweglichen Kolben nach oben, welcher durch sein Gestänge einen Hebebaum in Bewegung setzet, der dann wieder Pumpen von kleinerer Kolbenfläche, als DC treibt. Man kann sich in E einen doppelt durchbohrten Hahnen denken, durch welchen die Verbindung zwischen FE, und AC bewirkt wird, und wenn der Kolben DC seine größte Höhe erreicht hat, das in dem Cylinder ABCD befindliche Wasser

wieder abgelassen werden kann. Dann wird der Druck der Luft, oder wenn dieser nicht hinreichend seyn sollte, ein Uebergewicht an der Stange des Kolbens diesen wieder niederpressen.

Auch unsre gewöhnlichen Wasserleitungen durch Röhren beruhen auf dem Gesetze von dem Gleichgewichte des Wassers in communicirenden Röhren.

§. 58.

Wenn in den beiden Schenkeln eines zusammenhängenden Kanales Fig. 59 Flüssigkeiten von verschiednem specifischen Gewicht einander entgegenpressen, so stehen die Höhen der Flüssigkeiten CD, BF über der gemeinschaftlichen Grenzfläche AB im verkehrten Verhältnisse der specifischen Schweren. Die unter ABC befindliche Flüssigkeit ist mit sich selbst im Gleichgewicht. Von der Flüssigkeit CD entsteht ein Druck gegen AB, welche durch das Produkt AB . CD . P dargestellet wird, wenn man unter P das specifische Gewicht der schwerern Flüssigkeit versteht. Eben so stellet das Produkt AB . BF . p die Pressung der leichtern Flüssigkeit auf AB dar. Sollen beide Pressungen gleich seyn, so hat man $AB . BF . p = AB . CD . P$

oder $BF . p = CD . P$.

Hieraus folgt die Proportion

$BF : CD = P : p$.

Aus dieser Darstellung erhellet zugleich, daß das Verhältniß der Höhen CD : CF sich nicht ändern würde, wenn auch die Weiten der beiden Schenkel CE, BG ungleich wären. Denn die hydrostatischen Pressungen auf die gemeinschaftliche Grenzfläche hängen nicht von der Weite, sondern von der Höhe der Flüssigkeiten in den einzelnen Schenkeln ab.

Versuche zur Erläuterung dieses Satzes.

Sind die Schenkel des gemeinschaftlichen Kanales mit

einer Scale versehen, woran man die Höhen CD, BF leicht ablesen kann: so dienen solche Beobachtungen das Verhältniß der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten zu bestimmen. Dabey sind folgende Versichtsmaaßregeln zu bemerken. Die Flüssigkeiten dürfen nicht von der Art seyn, sich chemisch mit einander zu mischen. Die beiden Schenkel des Kanales müssen wenigstens 1/4 Zoll weit seyn, damit der Einfluß der Haarröhrchen-Anziehung von der Wand auf die Flüssigkeiten unbedeutend ausfalle; endlich sorge man dafür, daß die Flüssigkeiten dieselbe Temperatur haben, und bemerke diese nach dem Thermometer.

Von der rückwirkenden Pressung der Flüssigkeiten.

§. 59.

Es bezeichne bcef Fig. 60 ein etwas hohes Gefäß mit Wasser gefüllet, an einem festen Punct A frei beweglich aufgehangen.

Es wird alles in Ruhe seyn, obgleich auf den Boden, so wie auf alle Stellen der Seitenwand hydrostatische Pressungen gehen. Der Druck auf den Boden wird durch die feste Unterstützung gehalten, und von dem Druck auf die Seitenwand, halten immer je zwei auf entgegengesetzte in gleicher Tiefe liegende Stellen e, und f gerichtete Pressungen einander das Gleichgewicht. Denken wir uns in f eine mit einem Stöpsel versehene Oeffnung, so wird, nach hinweggenommner Verschliessung, das Wasser zur Oeffnung f herausströmen, wodurch der hydrostatische Druck auf diese Stelle der Seitenwand wegfället, daher wird der Druck auf die entgegengesetzte Stelle e, durch nichts compensiret, das ganze Gefäß nach der Richtung eh in Bewegung bringen. Dieß heißt die rückwirkende Kraft der Flüssigkeiten; sie findet eben sowohl bey den elastischen, wie

bey den tropfbaren Flüssigkeiten Statt. Auf ihr beruhen das Zurücklaufen des Geschützes und der Stoß des Schießgewehres beym Abfeuern, die Wirkung der Minen seitwärts und unterwärts, so wie die weit hin verwüstende Kraft der Erdbeben, das Aufsteigen der Raqueten, das Umlaufen der Feuerräder und viele Erscheinungen sonst. Segner und Andere haben die rückwirkende Kraft des Wassers benutzt, um Rotationsmaschinen in eine drehende Bewegung zu setzen.

Man denke sich statt der pendelartigen Aufhängung des Gefäses Fig. 60, eine Unterstützung in der Linie A a so, daß sich das Ganze um diese Linie, wie um eine Axe, frei drehen könne. An die Stellen e und f wollen wir horizontal hervorgehende Röhren e h, f g setzen, in welche seitwärts bey o und o′, aber nach entgegengesetzten Richtungen, kleine Oeffnungen gebohret sind. Indem nun durch diese Oeffnungen zwei Wasserstrahlen hervorströmen, so unterstützen sich die Rückwirkungen in ihrem Bestreben, die Maschine um die Axe A a zu drehen, wechselseitig. Man kann auch statt zwei, vier und mehr mit Oeffnungen versehene Röhren an dem Gefäße anbringen, jedoch muß die Summe aller Oeffnungen o, zu dem Querschnitte des Gefäßes b c in einem kleinen Verhältnisse bleiben; damit die Geschwindigkeit der sinkenden Wasserschichte b c ebenfalls gering sey, indem sonst die, zur Erzeugung der Geschwindigkeit verwendete beschleunigende Kraft der Schwere, von der hydrostatischen Pressung abgehen, und somit die Rückwirkung verkleinern würde. Auch versteht es sich von selbst, daß von oben her so viel Wasserzufluß vorhanden seyn müsse, als das Ausströmen durch die Oeffnungen erfordert. Auf ähnliche Weise hat man das Ausströmen von elastischen Dämpfen zur Hervorbringung drehender Be-

wegungen benutzt. Eben so erkläret man das Umlaufen des electrischen Flugrades, das Umherkreisen kleiner Kampferstückchen, die auf Wasser schwimmen, aus der Rückwirkung.

Gesetze der Bewegung flüssiger Körper.

Von dem Ausfluß durch enge Oeffnungen.

§. 60.

In dem wagrechten Boden eines cylindrischen oder prismatischen Gefäßes acdb Fig. 61 befinde sich eine kleine kreißförmige Oeffnung ef mit einem wohl abgerundeten dünnen Rande, durch welche das Wasser frei abfliessen könne, indessen ein Ersatz von oben her das Gefäß stets voll erhalte: so lehren Theorie und Erfahrung, daß die Geschwindigkeit der durch die Oeffnung gehenden Wassertheilchen ef eben so groß sey, als ob sie von mn bis ef frei herabgefallen wären. Die Kraft, welche die durch die Oeffnung gehenden Wasserschichten beschleuniget, ist der Druck der ganzen Wassersäule mnef (vorausgesetzt daß die Geschwindigkeit des sinkenden Wasserspiegels ab unbedeutend klein sey) und dieser Druck, die Summe aller elementaren Pressungen von mn bis ef bewirkt in einer unmeßbar kleinen Zeit eben die Geschwindigkeit, welche der freie Fall von mn bis ef nach und nach erzeuget haben würde. Es heiße die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung $= h$, der Fall in einer Secunde $= g$, so erhält man für die Geschwindigkeit der durch die Oeffnung strömenden Wassertheilchen $c = 2\sqrt{gh}$. Multipliciret man diese Zahl mit der Größe der Oeffnung, so wird man die in

einer Secunde durch die Oeffnung fliessende Wassermenge erhalten.

Die Erfahrung lehret, daß der Wasserstrahl, indem er durch die mit einem dünnen Rande versehene Oeffnung geht, sich verengert, und etwa in einer dem halben Durchmesser der Oeffnung gleichen Tiefe, unter der Oeffnung seinen kleinsten Querschnitt hat, welcher sich zum Querschnitt der Oeffnung wie 62 : 100 verhält, und die abfliessende Wassermenge ist in demselben Verhältnisse kleiner, als die nach der obigen Theorie berechnete.

Setzt man in die Oeffnung eine kurze cylindrische Röhre, deren Länge den dreifachen Durchmesser der Röhre nicht übertrifft, so wird der Ausfluß gegen den vorigen Fall im Verhältniß von 10 : 13 vermehret.

Nimmt man statt der cylindrischen Ansatzröhre, eine andere welche von der Oeffnung im Gefäse an gerechnet die Figur des zusammengezognen Wasserstrahles hat, so stimmt die Ausflußmenge mit derjenigen überein, welche die Theorie für den engsten Querschnitt giebt. Erweitert sich die Röhre wieder etwas nach aussen, übertrifft jedoch an Länge den 8 fachen Durchmesser nicht, so giebt eine solche Röhre nach Venturi sogar noch etwas mehr Wasser, als die Rechnung für den engsten Querschnitt der Röhre.

Die Verengerung des durch eine Oeffnung in einer dünnen Platte fliessenden Wasserstrahles, erkläret sich am natürlichsten aus dem durch die hydrostatische Pressung im Gefäße entstehenden Bestreben der Wassertheilchen von allen Seiten her der Oeffnung zuzueilen, wodurch krumme Linien ye, xf gebildet werden, deren Krümmung zugleich von der Wirkung der beschleunigenden Kraft, von der Stelle xy an, wo man das Wasser noch als ruhend betrachten kann, bis zu seiner größten Geschwindigkeit in ef abhängt. Schwieriger ist es die durch kurze Ansatzröhre vermehrte Ausflußmenge zu erklären, welche wohl im Allgemeinen durch die in solchen Röhren noch

fortdauernde Beschleunigung, und durch den grössern oder kleinern Widerstand, welche die Röhrenwand der freien Bewegung der einzelnen Wasserfäden entgegensetzt, bedingt ist. Venturi nimmt zur Erklärung dieser Erscheinungen den Druck der Luft, und eine eigne Seitenwirkung des Wasserstroms auf neben ihm liegende Theile zu Hülfe. Bringt man an der Stelle der Venturischen Ansatzröhre, wo sie den engsten Querschnitt hat rund herum feine Löcher an, die man nach Willkühr öffnen und schliessen kann, so bemerkt man, daß während des Ausflusses des Wassers durch die Röhre Luft durch die Seitenöffnungen eingesogen wird, und wenn viele solche Luftlöcher offen sind, so fället die Vermehrung des Ausflusses durch die Ansatzröhre wieder weg. Dieß beweiset allerdings, daß durch die andauernde Beschleunigung des Wassers in der Röhre ein Bestreben der vordern Wasserschichten sich von den nachfolgenden zu trennen entsteht, wodurch denn Luft eingesogen werden kann. Ob aber jene Beschleunigung durch den Luftdruck, oder vielmehr dieser durch jene erst bewirkt werde, das ist die Frage? Wir werden weiter unten sehen, daß nach meinen Beobachtungen ein ähnlicher Einfluß der Ansatzröhren auch bey dem Ausströmen der gasartigen Flüssigkeiten Statt hat.

Die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung nennet man die Druckhöhe. Leeret sich ein Gefäß aus ohne nachgefüllet zu werden, so nimmt die Druckhöhe immer ab und mit ihr die Geschwindigkeit, letztere aber im Verhältniß der Quadratwurzeln der Druckhöhen. Wäre z. B. der Wasserspiegel von a b bis x y gesunken, und $dx = \frac{1}{4}\, db$, so würde nun die Geschwindigkeit des ausfliessenden Wassers nur $\frac{1}{2}$ der anfänglichen Geschwindigkeit seyn. Aus diesem Gesetz lässet sich mit Hülfe der Rechnung die Folge ziehen, daß ein gleichweites Gefäß sich in der doppelten Zeit ausleeret, in welcher, bei gleichbleibender Geschwindigkeit, dieselbe Wassermenge durch die Oeffnung geflossen wäre. Z. B. Es betrage die Weite und Höhe eines cylindrischen Gefäßes = 10 pariser Zolle, der Querschnitt der Oeffnung (oder des zusammengezognen Wasserstrahles) 0,01 □ Zoll, so würde die Anfangsgeschwindigkeit $= 2\sqrt{(15 \cdot 12 \cdot 10)} = 2\sqrt{1800} = 84{,}8$ Zoll seyn. Da der körperliche Raum des Gefäßes 785 Cubikzoll beträget, so würden diese bey gleichbleibender Geschwindigkeit in $\frac{785}{0{,}848}$ = 925 Secunden durch die Oeffnung fliessen. Die Zeit der Ausleerung des Gefäßes beträget 1850 Secunden. Dabey

würde der Wasserspiegel a b immer langsamer sinken, und seine Geschwindigkeit würde im verkehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit des Ausflusses stehen. Sollte der Wasserspiegel mit gleichförmiger Geschwindigkeit sinken, so müßten die Querschnitte des Gefäßes in dem Verhältnisse der Ausflußgeschwindigkeiten abnehmen, d. i. in dem Verhältnisse der Quadratwurzeln der Druckhöhen. Die Durchmesser der Querschnitten des Gefäßes müßten sich also wie die Wurzeln der 4ten Potenzen aus den Druckhöhen verhalten. Diese giebt eine Gestalt des Gefäßes wie sie Fig. 62 darstellet. Hierauf beruht die Einrichtung der sonst mehr als jetzt üblichen Wasseruhren. Quecksilber und Wasser, und überhaupt Flüssigkeiten von sehr verschiednem specifischem Gewicht, fliessen bey gleicher Druckhöhe mit gleichen Geschwindigkeiten aus. Denn es kommt hier nicht auf die absolute Größe des Drucks, sondern auf die durch denselben erzeugte beschleunigende Kraft an. Nun ist der Druck eine Function aus der Höhe multipliciret in die Dichte der Flüssigkeit, die beschleunigende Kraft aber eine Function aus dem Druck dividiret durch die Dichte, daher blos durch die Druckhöhe bestimmt. Wohl aber fliesset des wärmern Wassers unter gleicher Druckhöhe mehr aus derselben Oeffnung als des kältern, nicht weil das Wasser durch die Erhöhung der Temperatur specifisch leichter, sondern weil es flüssiger wird.

§. 61.

Da die hydrostatische Pressung in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel nach allen Richtungen gleich stark wirkt, so treten dieselben Gesetze ein, wenn man die Ausflußöffnungen, statt in dem Boden, in der lothrechten Seitenwand des Gefäßes anbringt. Die Tiefe des Mittelpuncts der Oeffnungen unter dem Wasserspiegel gilt dann für die Druckhöhe. Es mögen a, b zwei solche Oeffnungen in der lothrechten Seitenwand A B eines Gefäßes Fig. 63 bezeichnen. Die Wasserstrahlen haben in dem Augenblick, wo sie aus den Oeffnungen tretten, horizontale Geschwindigkeiten, die ihren Druckhöhen entsprechen, nun kommt der freie Fall der Schwere hinzu, und sie müssen nach §. 44

parabolische Linien ao, bo beschreiben. Fängt man einen solchen parabolischen Wasserstrahl in einer der Druckhöhe gleichen Tiefe unter der Oeffnung auf, so sind die Strahlweiten bc, BC den doppelten Druckhöhen gleich. Dieß ist eine Folge des §. 60 ausgesagten Gesetzes, und so lässet sich eins durch das andere prüfen. Reichte eine Oeffnung in der Seitenwand von a bis b, so würden die einzelnen Wasserstrahlen mit ungleichen Geschwindigkeiten zur Oeffnung herausströmen, so lange indessen ab, gegen die Tiefe unter dem Wasserspiegel einigermaßen klein bleibt, darf man die mittlere Tiefe Am für die zur gesammten Oeffnung gehörige Druckhöhe nehmen.

Wir haben gesehen, daß die zur Druckhöhe h gehörige Geschwindigkeit durch $2\sqrt{gh}$ dargestellet wird. Hat diese Geschwindigkeit eine horizontale Richtung, so würde die horizontale Weite des Wasserstrahles in t Secunden $t \cdot 2\sqrt{gh}$ seyn. Nun fällt ein Körper durch die Höhe h in $\sqrt{\frac{h}{g}}$ Secunden, also ist der horizontale Weg des Wasserstrahles in dieser Zeit $\sqrt{\frac{h}{g}} \cdot 2\sqrt{gh} = 2h$. Dieß ist der oben ausgesagte Satz.

Von den Springwerken.

§. 62.

Ist wie Fig. 64 die Ausflußöffnung nach oben gekehret, so springt das Wasser aus derselben mit einer der Druckhöhe AB zugehörigen Geschwindigkeit hervor, und der Wasserstrahl CD würde genau die Höhe BA erreichen, wenn kein Verlust an Geschwindigkeit in der Oeffnung, und kein Widerstand der Luft Statt fände.

Um letzterem besser zu begegnen und den Strahl mehr

zusammenzuhalten, giebt man der Ausgußmündung eine etwas conische Gestalt, und neiget zugleich die Röhre etwas von der lothrechten Richtung ab, damit das zurückfallende Wasser dem nachfolgenden durch seine Schwere nicht entgegenwirke. Die Strahlhöhe CD bleibt indessen auch unter den günstigsten Umständen gegen die Druckhöhe BA zurück und die Erfahrung hat gelehret, daß die Unterschiede zwischen den Strahl- und Druckhöhen sich nahe wie die Quadrate der Strahlhöhen verhalten. Man bemerke folgende zusammengehörige Werthe

AB				——	CD	
5	Fuß	1	Zoll	—	5	Fuß
10	—	4	—	—	10	—
15	—	9	—	—	15	—
21	—	4	—	—	20	—
27	—	1	—	—	25	—

u. s. w.

Es sey BC ein bey CE mit einem Zapfen versehnes Röhrenstück; zieht man den Zapfen, damit das Wasser zur vollen Oeffnung mit der ihm zukommenden Geschwindigkeit herausströmen kann, so verschwindet der Springstrahl CD völlig, weil nun keine hydrostatische Pressung mehr nach der Seite hin in BC existiret. Schliesset man die Oeffnung CE, aber nur theilweise, so kommt der Springstrahl wieder zum Vorschein, desto höher je kleiner die Oeffnung CE ist. Dieser Versuch belehret uns, 1tens, daß eine jede hydrostatische Pressung von dem aufgehobenen Bestreben nach Bewegung herrühret; 2tens, daß derjenige Theil der Kraft, welcher auf die Erzeugung von Bewegung verwendet wird, stets von der hydrostatischen Pressung abgeht.

Hieraus ergiebt sich für die Anlegung von Springwerken die practische Folge: es soll der Querschnitt der Zuleitungsröhre gegen den Querschnitt der Strahlöffnung groß seyn, damit die durch den Ausguß des Strahles in der Zuleitungsröhre erzeugte Geschwindigkeit klein ausfalle.

Die Gesetze der künstlichen Springwerke erläutern uns auch das Hervorsprudeln der natürlichen Quellen an den Gebirgsabhängen

und in den tiefer gelegenen Ebenen. Wir dürfen den Ursprung der Quellen nicht da suchen, wo sie zu Tage hervorkommen. Die Gewässer derselben können im Innern der Erde schon einen weiten Weg in den natürlichen Gängen und Spalten der Erdschichten zurückgeleget haben. Je tiefer der Fall ist, desto stärker wird die Kraft seyn mit welcher die Quelle zum Vorschein kommt. Denken wir uns statt des Wasserdrucks AB auf die Oberfläche des Wassers BB' in einem überall bis auf die Springöffnung verschlossenen Gefäße eine mechanische Gewalt, so wird durch diese der Wasserstrahl nach ähnlichen Gesetzen hervorgetrieben werden. Hierauf beruht die Einrichtung der Spritze.

Von der Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

§. 63.

Wenn Wasser unter einer bestimmten Druckhöhe AB durch eine lange Röhrenleitung AC Fig. 65 fliesset (welche wir vorerst horizontal und geradlinig annehmen wollen), so erleidet das Wasser nicht blos bey seinem Eintritt in die Röhrenleitung den schon oben bemerkten Verlust an Geschwindigkeit, sondern das Wasser wird in jedem Querschnitt der Röhrenleitung durch die Anziehung der Röhrenwand und seine unvollkommene Flüssigkeit verzögert. Diese Verzögerung steht im verkehrten Verhältnisse des Durchmessers der Röhrenleitung und in dem geraden ihrer Länge; auch ist sie von der Geschwindigkeit abhängig; man kann sie dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzen. Nach Bossüt gab eine Röhrenleitung von 4/3 Zoll im Durchmesser bey einer Druckhöhe von 24 Zoll und einer Länge von 90 Fuß 28 Zoll Geschwindigkeit für das ausfliessende Wasser, wurde die Röhrenleitung auf 120 Fuß verlängert, so betrug die Geschwindigkeit nur 24 Zoll. Berechnet man die Geschwindigkeit aus der Druckhöhe nach der Formel

$2\sqrt{(gh)}$, wo man $y = 15 \cdot 12 = 180$ Zoll setzet, so findet man für die Geschwindigkeit 131 Zoll. Da nach Bossüt schon bey dem Eintritt in die Röhrenleitung $^3/_{16}$ an Geschwindigkeit verloren geht, so reduciret sich die Geschwindigkeit auf 160 Zoll, der übrige bey weitem größere Theil des Verlustes an Geschwindigkeit rühret von dem Widerstand der Röhrenleitung her. Vergleicht man mehrere solche Erfahrungen nach den aufgestellten Grundsätzen unter einander, so kann man daraus einen allgemeinen Ausdruck herleiten, welcher die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhrenleitungen darstellet.

Nach Langsdorf erhält man die Geschwindigkeit in einer nicht sehr gekrümmten Röhrenleitung durch den Ausdruck

$$e = 2\sqrt{\left(\frac{gh}{1{,}538 + 0{,}0251\,\frac{l}{d}}\right)}$$

wenn man unter g den Fallraum in einer Secunde, unter h die Druckhöhe, unter l die Länge und unter d den Durchmesser der Röhrenleitung, alles in pariser Zollen gemessen, versteht. Hat die Röhrenleitung viele Krümmungen, so fället die Geschwindigkeit wegen dem Anstoß in den Krümmungen noch etwas kleiner aus. Ist die Röhrenleitung nicht horizontal, sondern geneigt, so muß man unter der Druckhöhe h die lothrechte Höhe von dem Wasserspiegel an bis zum Ausguß der Röhrenleitung verstehen.

Von der Bewegung des Wassers in offnen Kanälen und Flüssen.

§. 64.

Das Wasser, welches in dem Bette eines offnen Kanales oder Flusses fortrinnet, steht unter denselben Ge-

setzen der Schwere, wie eine Kugel die auf einer geneigten Ebene hinabrollet. So wie die Kugel mit beschleunigter Geschwindigkeit fället, eben so würde das Wasser eines Flusses mit immer wachsender Geschwindigkeit von seinem Ursprunge an bis zum Ausfluß in das Meer fortströmen, wenn nicht der Widerstand des Bettes jene beschleunigende Kraft aufhöbe, und die Bewegung, wenigstens auf gewisse Strecken hin in eine gleichförmige verwandelte. Betrachten wir einen Bergstrom, welcher sich von einer steilen Wand herabwälzet, so ist die Geschwindigkeit desselben wohl anfänglich beschleuniget, sehr bald wird aber durch die wachsende Kraft des Wassers das Bette immer tiefer ausgehöhlet, die Größe des Umfangs desselben und mit ihr der Widerstand so vermehret, daß die fernere Beschleunigung aufhöret. Hierzu kommen die vielen Hindernisse, welche den Strom nöthigen Krümmungen zu bilden; wodurch Anstöße und Rückprallungen entstehen, die das Wasser von dem einen zu dem andern Ufer werfen, und die Geschwindigkeit noch mehr vermindern. Tritt nun der Fluß aus den gebirgigten Gegenden in das flache Land, so wird mit dem verminderten Gefälle die Gewalt des Stromes schwächer, er setzt nach und nach die fortgeführten losen Stein- und Sandmassen nieder, verflächet sein Bette und vergrößert dessen Umfang. Durch alle diese Hindernisse zusammengenommen, tritt gerade das umgekehrte Phänomen ein, von demjenigen welches erfolgen würde, wenn das fliessende Gewässer blos den Gesetzen fallender Körper auf einer schiefen Ebene unterworfen wäre. Die Ströme fliessen anfangs schneller, dann immer langsamer bis zu ihrem Ausfluß in das Meer. Doch kann man die Bewegung in einzelnen Strecken derselben, so lange das Bette, das Gefälle und die Wassermenge nahe dieselben bleiben, für eine gleichför-

nige achten, deren Geschwindigkeit desto größer ausfallen wird, je größer das Gefälle der Wassermenge, und je kleiner der Umfang des Bettes ist.

Es bezeichne dace Fig. 66 das Längenprofil einer Stromstrecke in welcher man die Bewegung des Wassers als gleichförmig betrachten kann. Die Kraft, welche hier die Wassermasse fortschiebt, kann man sich als eine fortdauernde hydrostatische Messung der obern Wasserprofile gegen die untern denken. Es mögen m, n zwei an einander gränzende quer durch den Strom gehende Wasserschichten vorstellen.

Der Druck der obern Schichte übertrifft den Druck der untern gegen die gemeinschaftliche Gränzfläche um die Größe zx, welche dem Sinus des Winkels zyx = Sinus fde, d. i. dem Gefälle des Wasserspiegels proportional ist. Nun bezeichne acb Fig. 67 das Querprofil des Stromes; die Wasserkraft wird der durch das Profil gehenden Wassermasse, also der Größe des Querschnittes, die Hemmung des Bettes aber dem Umfang desselben acb proportional gesetzet werden können. Durch solche Betrachtungen geleitet, findet man für die Geschwindigkeit eines im Beharrungsstande befindlichen Stromes den Ausdruck $v = A . r \text{ Sin } fde$, worin v die Geschwindigkeit, A eine durch die Erfahrung zu bestimmende Zahl und r den Quotienten aus dem Querschnitt des Bettes dividiret durch den Umfang bezeichnen. Mehrere Erfahrungen im Mittel geben für A = 321, wenn man r und v in pariser Zollen ausdrückt.

Um die Geschwindigkeit eines Stromes auf der Oberfläche zu messen, bedient man sich schwimmender Körper, die durch angehängte Gewichte eintauchen, und oben mit einer über das Wasser emporstehenden Fahne versehen sind. Die Geschwindigkeit in der Tiefe zu messen hat man vielerlei Werkzeuge erdacht. Eins der einfachsten ist die Pitotsche Röhre, eine unten recht winklich, gebogene Röhre ode Fig. 68 wird mit der Axe de in die Richtung des Stromes gestellet, der obere über das Wasser hervorragende Theil der Röhre muß von Glas seyn. Ruhte das Wasser, so würde der Stand desselben in der Röhre in den Wasserspiegel ba fallen; durch den Stoß des strömenden Wassers wird die Wassersäule in der Röhre so lange ansteigen, bis der Druck der angestiegnen Wassersäule ac dem Stoß gleich kommt. Da nun zu einer Wasserhöhe = ac die Geschwindigkeit $= 2\sqrt{y . ac}$ gehöret, so kann man hier-

durch auf die Geschwindigkeit des Stromes schliessen. Die Erfahrung hat gelehret, daß die einzelnen Geschwindigkeiten in demselben Querprofil nicht so sehr verschieden ausfallen, wie man früher, durch eine falsche Theorie verleitet, glaubte. Die größte Geschwindigkeit findet sich in der Mitte des Stromstriches etwas unter der Oberfläche in m, kleiner wird sie gegen dem Umfang des Bettes, am kleinsten gegen a und b. Der obige Ausdruck für v bezieht sich auf die mittlere Geschwindigkeit; multipliciret man diese Größe mit dem Querschnitt, so erhält man die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt fliessende Wassermenge, das heißt die Mächtigkeit des Stromes. Die Einrichtungen anderer Strommesser, wie z. B. Woltmanns hydromatischer Flügel, Brünnings Strommesser können hier der Kürze wegen nicht erwähnt werden. Man sehe Brünnings Abhandl. über die Geschwindigkeit des fliessenden Wassers übersetzt von Krönke.

Vom Stoß und Widerstand des Wassers.

§. 66.

Wenn strömendes Wasser gegen einen ruhenden festen Körper triffet, so übt es gegen denselben einen Stoß aus; wird ein fester Körper in ruhendem Wasser fortbewegt, so muß er dasselbe vor sich hertreiben und das Wasser widerdersteht ihm. Wenn es nun einerlei ist, Bewegung zu erzeugen, oder vorhandene zu vernichten, so könnte man Stoß und Widerstand des Wassers unter einerlei Gesichtspunct zusammenfassen. Dieß thut die gewöhnliche Theorie vom Stoße flüssiger Körper. Wir wollen uns einen von ebenen Flächen begränzten Körper denken, z. B. ein Parallelepipedum; die dem Strom zugekehrte Fläche heißt die Stoßfläche des Körpers, die Richtung des Stosses sey senkrecht auf diese Fläche, man fraget nach der Größe des Stoßes? Wäre umgekehret das Wasser ruhend, und der Körper würde mit der Geschwindigkeit des Stromes fort-

geführet, so müßte er dem Wasser seine Geschwindigkeit mittheilen. Sucht man die Höhe einer Wassersäule, welche durch ihren Druck eine gleiche Geschwindigkeit in dem Wasser erzeugte, so könnte man diesen Druck über der Stoßfläche als das Maaß des Stosses betrachten. Es heiße jene Druckhöhe = h, die Stoßfläche = a^2, so würde das Gewicht einer Wassersäule von der Größe = $a^2 . h$ die Größe des Stosses geben. Wir haben §. 60 zwischen der Geschwindigkeit c und der Druckhöhe h die Gleichung $c = 2\sqrt{gh}$ gefunden, woraus wir umgekehret $h = \frac{c^2}{4g}$ folgern. Dieß heißt: man dividire das Quadrat der Geschwindigkeit des Wassers durch den 4fachen Fallraum in einer Secunde, so erhält man die Höhe, welche mit der Stoßfläche multipliciret die Wassersäule giebt, deren Gewichte der Größe des Stosses gleich ist. Geht die Richtung des Stosses schief gegen die Stoßfläche, so zerlege man dieselbe in zwei Theile, wovon der eine Theil senkrecht auf der Stoßfläche, der andere mit ihr parallel ist, blos der erste Theil ist hier der wirksame, und dem Sinus des Anstoßwinkels proportional. Kann die Fläche nur nach der urspringlichen Richtung des Stosses ausweichen, so wird der schiefe Stoß durch das Quadrat des Sinus des Anstoßwinkels bestimmt.

Beyspiel. Es sey die Stoßfläche ein Quadratfuß, die Geschwindigkeit = 6 Fuß, so erhält man für die Druckhöhe $h = \frac{6^2}{4 . 15} = {}^{36}/_{60} = {}^{6}/_{10}$ Fuß. Also das dem Stoß gleiche Gewicht der Wassersäule = $^{6}/_{10}$. 70 Pf. = 42 Pf. in pariser Maaß u. Gewicht. Wäre der Anstoßwinkel = 60°, so müßten wir jenes Gewicht noch mit dem Sinus des Anstoßwinkels oder 0,86 multipliciren, und es verminderte sich auf 36 Pfund.

Zieht man die Erfahrung zu Rath, so findet man dieselbe nur dann mit der Theorie übereinstimmend, wenn eine kleine Stoßfläche einem großen gleichsam unbegränzten Wasserstrom ausgesetzet wird, und wenn der Anstoßwinkel ein rechter ist, oder wenigstens nicht unter 60° beträget. Wird der Anstoßwinkel kleiner, so vermindert sich zwar der Stoß, aber in einem geringern Verhältnisse als dem der Sinusse der Anstoßwinkel. Auch wird der senkrechte Stoß größer, selbst noch einmahl so groß, als ihn die zur Geschwindigkeit gehörige Fallhöhe giebt, wenn eine Stoßfläche einem isolirten Wasserstrahle dargeboten wird, welche wenigstens noch einmahl so groß ist als der Querschnitt dieses Wasserstrahles.

Das Wasser wird dann nicht plötzlich an der Stoßfläche, sondern in einiger Entfernung von derselben in krummen Linien abfliessen. Setzt man voraus, daß die Tangenten der Anfangselemente dieser krummen Linien parallel mit der Axe des Strahles, und die Tangenten der am Ende liegenden Elemente parallel mit der Stoßfläche seyen, so erhält man mit Hülfe der Analysis eine Pressung senkrecht gegen die Stoßfläche, welche der doppelten zur Geschwindigkeit gehörigen Fallhöhe entspricht. Hiermit stimmen unter den obigen Einschränkungen die Erfahrungen überein. (Man sehe Bossüts Hydrodynamik.) Beide Theorien des Stosses haben das mit einander gemein, daß die Größen des Stosses sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, wie die Größe der Stoßfläche oder vielmehr die Querschnitte der anstossenden Wasserstrahlen, und wenn verschiedne Flüssigkeiten in Betracht kommen, wie die Dichten der Flüssigkeiten verhalten.

Aus den Gesetzen des Stosses und des Widerstandes flüssiger Massen erläutern sich die Wirkungen der unterschlächtigen Wasserräder, des Steuerruders bey den Schiffen, so wie der Ruder überhaupt.

Nach den Gesetzen des schiefen Stosses werden die spitzigen Vordertheile der Schiffe construiret. Aus dem großen Widerstand, welchen ein Schiff senkrecht auf seine größte Durchschnittsfläche erleidet, und dem verhältnißmäßig viel geringern Anstoß, welchen das spitzige Vordertheil des Schiffes nach der Richtung des Kieles dem Wasser darbietet, mit Hülfe der Zerlegung der Kräfte eines schief gegen die Segel stossenden Windes, kann man sich erklären, wie man mit einem Winde fahren könne, der nur wenige Striche des Compasses von der Richtung des Kieles abweichet, nach welcher das Schiff fortgehen soll.

nur verweisen können. Kürzlich haben die Gebrüder Ernst Heinrich und Wilhelm Weber eine auf Experimente gegründete Wellenlehre geliefert (Leipzig 1825), aus welcher wir folgendes in Beziehung auf die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mittheilen. Zur Erregung und Beobachtung solcher Wellen bedienen sich die Verfasser eines eignen Apparat's, den sie die Wellenräume nennen; es ist ein langes, schmahles, verhältnißmäßig hohes Parallelepipedum, dessen zwei gegen einander überstehende lange Seitenwände entweder ganz von Glas, oder wenigstens an mehreren Stellen davon aufgebauet sind.

Die Dimmensionen der kleinern Wellenrinne waren 5′4″ Länge, 6‴ — 7‴ Breite, 8″ Tiefe; der größeren 6′ Länge, 1″ 1¼‴ Breite, 2½ Tiefe. Wird eine solche Wellenrinne mit Wasser, oder irgend einer andern Flüssigkeit gefüllt, oder auch mit mehreren übereinander stehenden zu gleicher Zeit, und man erregt dann durch Ansaugen und Fallenlassen der Flüssigkeit am Ende der Wellenrinne (oder auf irgend eine Art) Wellen, so kann man durch die Glaswände nicht nur deren Fortgang auf der Oberfläche, oder falls mehrere Flüssigkeiten übereinander stehen an ihren Gränzflächen, sondern auch die Bewegung der einzelnen Flüssigkeitstheilchen im Innern der ganzen Massen wahrnehmen. Dabey hat sich folgendes ergeben. Eine Welle wie A B C D E F G Fig. 70 * besteht aus einer großen Menge in verticalen Ebenen rotirender Wassertheilchen, deren Bahnen nach der Oberfläche hin kreisförmig oder nahe kreisförmig, in der Tiefe aber elliptisch sind. Die großen Axen der elliptischen Bahnen liegen wagrecht, die verticalen Durchmesser der Bahnen werden immer kleiner, je tiefer sie unter der Oberfläche liegen. Von dem verticalen Durchmesser der obersten Bahnen hängt die Höhe der Wellenberge D, D′, D″ ab. Die Wellenlinie D E F G H J bildet eine Art Cycloide, weniger oder mehr gedehnt, je nach dem sich die Bahnen der Flüssigkeitstheilchen der Kreisform mehr nähern. Eine jede Schwingungsbahn A A′ A″ wird in derselben Zeit beschrieben, in welcher eine Welle um ihre Breite von D nach J fortrückt. Es hängt also die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Wellen von ihrer Breite, und zugleich von der Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Theilchen ab. Letztere wird durch die Größe der erregenden Kraft, durch die Höhe der Wellen und ihre Breite zugleich bestimmt. (Hiernach sind alle Theorien unrichtig, welche die Geschwindigkeit der Wellen blos von ihrer Breite abhängen lassen.) Die Richtung der rotirenden

Schwingungen ist der fortschreitenden der Wellen entgegengesetzt, daher die Bewegungen der einzelnen schwingenden Theilchen in der hintern Hälfte der Welle BCD nach unten, in der vordern EFG nach oben gerichtet sind.

Man sehe die Richtung der Pfeile Fig. 70 *. Woher mag die rotirende Bewegung und die bestimmte Richtung derselben kommen? Wir erklären sie aus dem Impuls der Wellen erregenden Kraft, und der unvollkommenen Flüssigkeit, oder der sogenannten Klebrigkeit der flüssigen Massen.

Wir wollen uns die erregende Kraft von der Seite A her von unten nach oben wirkend denken, indem die in A und unter A liegenden Theilchen angehoben werden, widerstehen die in B und unter B liegenden jetzt noch als ruhend gedachten Theilchen vermöge ihrer Klebrigkeit. Es müssen daher die in A befindlichen Theilchen nach der Richtung A A′ A″ in Rotation kommen. Da nun die erregende Kraft sich auf dieselbe Weise von einer Flüssigkeitssäule zur andern fortpflanzt, so müssen die in allen rotirenden Theilchen nach einerlei Richtung schwingen; sie fangen aber ihre Schwingungen in verschiednen auf einander folgenden Zeitmomenten an, so daß, wenn zum Beyspiel das in erster Bahn schwingende Theilchen in A′ ist, das in der zweiten schwingende sich in B′ befindet u. s. w.

Die Geschwindigkeit der Wellen in Flüssigkeiten von sehr verschiedner Dichte, sind nahe gleichzeitig, wenn Höhe und Breite der Wellen gleich bleiben. Hierin unterscheiden sich die Wellen der tropfbaren Flüssigkeiten sehr von den Wellen der elastischen Flüssigkeiten.

Die merkwürdige Wellen stillende Kraft des auf der Oberfläche des Wassers verbreiteten Oehles scheinet auf die verminderte Adhäsion der Luft gegen die fettige Oberfläche des Wassers zurückgeführet werden zu müssen.

Von den Gesetzen des Gleichgewichts fester Körper die in Flüssigkeiten getauchet sind.

§. 67.

Man denke sich einen festen Körper, z. B. einen Würfel in Wasser versenkt, so leidet der feste Körper von der Flüs-

sigkeit überall einen Druck, welcher nach den §. 56 vorgetragnen Sätzen bestimmt werden kann. Je zwei Pressungen auf entgegengesetzten Seitenflächen werden sich als gleich groß vernichten. Auf die obere Grundfläche des Würfels (die wir uns in wagrechter Lage denken) geht ein Druck, welcher dem Gewicht des aufliegenden Wassers gleich ist, auf die untere Grundfläche ein Druck aufwärts, welcher jenem Gewichte, nebst dem Gewichte einer den Raum des Würfels füllenden Wassermasse gleich kommt. Der Druck aufwärts übertrifft also den Druck unterwärts um die letztgenannte Größe.

Der Würfel wird also im Wasser so viel von seinem Gewicht verlieren, als das Wasser wiegt, welches er aus der Stelle treibt. Dieß übersieht man noch kürzer so: bevor der feste Körper in das Wasser kam, war alles im Gleichgewicht, folglich mußte das Wasser, welches jetzt noch die Stelle des festen Körpers einnahm, sein ganzes Gewicht durch den umgebenden Druck verloren haben. Tritt nun der feste Körper an die Stelle des Wassers, so ändert sich dadurch der Druck des umgebenden Wassers nicht, es muß daher der feste Körper im Wasser eben so viel verlieren, als vorher das an seiner Stelle befindliche Wasser verlor. Hieraus erhellet zugleich, daß die Größe des Gewichtsverlustes im Wasser nicht von der Gestalt noch Beschaffenheit des eingetauchten Körpers, sondern blos von seiner Größe abhängt. Hieraus ziehen wir also den Schluß: jeder Körper, von beliebiger Gestalt und Beschaffenheit, verlieret, in eine Flüssigkeit eingetaucht, so viel von seinem Gewicht, als die Flüssigkeit wiegt, die er aus der Stelle treibt. Ein Versuch zur Erläuterung des Satzes ist folgender. Man bringe an einer Wage einen hohlen und einen massiven Würfel ins Gleichgewicht, tauche dann den massi-

ven Würfel ins Wasser, so muß man, zur Herstellung des Gleichgewichts, den hohlen Würfel mit Wasser anfüllen.

§. 68.

Als Folgen des Satzes §. 67 können wir ableiten: Körper von gleichem Gewicht, aber ungleicher Größe, verlieren im Wasser eingetaucht ungleich viel an Gewicht, der größere mehr, der kleinere weniger. Körper von gleicher Größe, aber ungleichem Gewicht, verlieren gleich viel unterm Wasser. Bringt man einen Körper nach einander in verschiedne Flüssigkeiten, so verlieret er in der schwerern mehr, in der leichtern weniger von seinem Gewicht.

Versuche zur Erläuterung dieser Sätze sind: zwey gleiche Kugeln von Elfenbein an eine Wage aufgehängt, dann die eine in Wasser, die andere in Weingeist getaucht, halten einander nicht mehr das Gleichgewicht, sondern die Kugel im Weingeist sinkt. Eine Kugel von Bley und eine von Elfenbein von gleicher Schwere an einer Wage aufgehangen, dann beide unter Wasser getaucht, so sinkt die bleyerne Kugel.

§. 69.

Ein in Wasser gesenkter Körper wird, je nachdem sein Gewicht größer, kleiner oder eben so groß, als das Gewicht des aus der Stelle getriebenen Wassers ist, sinken, steigen oder schweben; im letztern Falle bleibt er an jeder Stelle der Flüssigkeit wo man ihn hin bringt in Ruhe, vorausgesetzt, daß diese überall von gleicher Dichte sey. Die Kraft womit ein Körper in einer Flüssigkeit sinkt, oder von ihr in die Höhe getrieben wird, heißt seine relative Schwere, welche Kraft im letztern Fall als eine negative zu betrachten ist. Diese Lehren lassen sich ebenwohl auf flüssige Körper, welche andern Flüssigkeiten eingemengt sind, anwenden. So steiget ein Tropfen Oehl im

Wasser in die Höhe, weil er leichter als ein gleich großer Wassertropfen ist; ein Luftballon steiget in der Luft an, so lange die von ihm aus der Stelle gedrängte Luft schwerer als er selbst ist. Erwärmtes Wasser, oder erwärmte Luft steigen in kälterem Wasser oder in kälterer Luft in die Höhe, weil sie durch die Wärme ausgedehnter und folglich specifisch leichter als die umgebende Flüssigkeit sind. Hierauf beruht das Ziehen unsrer Kamine und überhaupt das Ansteigen der Dünste in der Atmosphäre.

§. 70.

Das Gewicht eines auf dem Wasser schwimmenden Körpers ist jederzeit so groß als das Gewicht des Wasserkörpers, welchen sein eingetauchter Theil aus der Stelle treibt. Vermehret man jenes Gewicht, so taucht sich der Körper tiefer ein, vermindert man es, so wird der Körper von dem Wasser gehoben. Hierauf beruht die Belastung der Schiffe. Um die Tragbarkeit eines Schiffes zu berechnen, messe man seinen unter Wasser gehenden Raum aus, betrachte ihn als einen Wasserkörper und suche dessen Gewicht. Es betrage dieser Raum z. B. 1000 pariser Cubikfuße, so ist die Tragbarkeit des Schiffes = 70000 Pf.

Ein schwimmender Körper schwimmt nicht in jeder Lage mit gleicher Sicherheit vor dem Umschlagen. Es kommt hierbey auf die relative Lage des Schwerpuncts des schwimmenden Körpers gegen den Schwerpunct des aus der Stelle getriebenen Wasserkörpers an. Von jenem Punct geht die nach unten gerichtete Kraft, von diesem die nach oben gerichtete Kraft aus. Beide Puncte müssen nothwendig in eine lothrechte Linie fallen, wenn der schwimmende Körper ruhen soll; hierbey finden noch dreierley Lagen der beyden Schwerpuncte gegen einander Statt: 1) sie können zusammen fallen, dann ist

der schwimmende Körper gegen jede Drehung gleichgültig, wie wenn eine Kugel ganz unter Wasser versenkt ist.

2) Der Schwerpunct des schwimmenden Körpers lieget tiefer, als der Schwerpunct des aus der Stelle getriebenen Wasserkörpers.

Dieß ist die sicherste Lage die ein schwimmender Körper haben kann; denn wenn irgend eine Kraft den schwimmenden Körper schwanken macht, so hebt sie seinen Schwerpunct, der dann, sich selbst überlassen, wieder in seine vorige Lage, pendelartig, zurückfället.

3) Der Schwerpunct des Körpers liegt höher, als der Schwerpunct des verdrängten Wassers. In diesem Falle ist die Lage des schwimmenden Körpers nur dann gegen Drehung gesichert, wenn beide Puncte einander so nahe wie möglich liegen, der Schwerpunct des Körpers also durch eine Drehung nicht tiefer kommen kann. Hieraus folgt, daß ein Körper mit seiner breitern Seite ins Wasser getaucht sicherer schwimmt, als mit der schmahlen.

Hierauf gründet sich der zweckmäßige Bau und die gehörige Belastung der Schiffe. Bey ersterem kommt zugleich die leichtere Beweglichkeit des Schiffes nach der Richtung des Kieles und dem Vordertheil in Anschlag. Man betrachte den Bau der Fische! Der spitze, jedoch etwas abgerundete Kopf, der lange keilförmig mit gehöriger Breite auslaufende und mit der großen Schwanzfloße versehene Hintertheil, verbunden mit den Seitenfloßen, und der großen Schlüpfrigkeit der Oberfläche sind die vorzüglichsten Mittel, welche die Natur diesen Thieren zur leichten Fortbewegung im Wasser gegeben hat. Die große Schwanzfloße dienet den Fischen nicht blos als Steuerruder zur Lenkung, sondern auch zum Fortschwimmen, indem ein schneller Doppelschlag mit dem Schwanze wegen des Widerstand's des Wassers, wie zwei von hinten her nach vornen unter spitzen Winkeln gerichtete Seitenkräfte wirken. Manchen Fischen hat die Natur eine Schwimmblase gegeben, die sie nach Willkühr mehr und weniger zusammenpressen können, um im Wasser zu sinken oder zu steigen. Doch besitzen auch die mit keiner Schwimmblase versehenen Fische dieß Vermögen (vielleicht in einem mindern Grade).

Ein Körper, welcher specifisch leichter als Wasser ist, kann mit einem specifisch schweren so verbunden werden, daß beide zusammen specifisch leichter als Wasser sind und folglich schwimmen.

Hierauf beruht die Einrichtung der Schwimmgürtel, Schwimmkissen.

Die allgemeinen Regeln zur zweckmäßigen Verfertigung solcher künstlichen Schwimmmittel sind folgende:

1) man nehme des leichtern Körpers so viel, daß die Wasserkraft das vereinigte Gewicht beider Körper übertreffe;

2) man gebe dem leichtern Körper eine möglichst breite, nach der Oberfläche des Wassers hin sich ausdehnende Gestalt;

3) man bringe den leichtern Körper so nahe wie thunlich bey demjenigen Theile des schwerern Körpers an, welcher über Wasser erhalten werden soll.

Beyspiel zu 1).

Es wiege ein Mensch 130 Pfund, sein Raum betrage 2 Cubikfuß, man fragt wie viel Korkholz müßte der Mensch mit seinem Körper verbinden, wenn der 4te Theil desselben über Wasser bleiben soll, vorausgesetzt, daß ein Cubikfuß Kork 17 Pfund, ein Cubikfuß Wasser 70 Pfund wiege. Dieß giebt folgende Rechnung.

$$130 \text{ Pfund} + 17x = 1\tfrac{1}{2} \cdot 70 \text{ Pfund} + 70x$$
$$130 - 105 = (70 - 17)x$$
$$x = 0{,}471 \text{ Cubikfuß} = 8 \text{ Pfund Kork.}$$

Von der Bestimmung des specifischen Gewicht's der Körper durch Abwiegen im Wasser.

§. 71.

Eine der wichtigsten Anwendungen von dem Gleichgewichte der unter Wasser versenkten Körper, ist die Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper, wobey man das specifische Gewicht des Wassers zur Einheit angenommen hat. Man wiege einen Körper, dessen specifisches Gewicht man bestimmen will, genau ab, versenke ihn dann

unter Wasser, suche den Verlust an Gewicht, welchen er in dem Wasser erleidet, und dividire mit diesem Verlust in das Gewicht des Körpers, so erhält man das specifische Gewicht. Wäre der Körper leichter als Wasser, so muß man mit demselben einen schwerern Körper so verbinden, daß beide zusammen sich unter Wasser versenken; von dem gesammten Verlust an Gewicht, ziehe man den Verlust, welchen der schwere Körper allein erleidet, ab, so erhält man den Verlust des leichtern Körpers im Wasser, welchen man in das Gewicht des Körpers dividiret, um das specifische Gewicht zu finden.

Da die specifischen Gewichte nichts anders sind als Verhältnißzahlen, welche angeben, wie viel Mahl ein Körper schwerer oder leichter als Wasser ist, der Verlust im Wasser aber das Gewicht eines gleich großen Wasserkörpers angiebt, so erhellet hieraus die Richtigkeit des Verfahrens.

Vorsichtsmaaßregeln, welche bey Anstellung von Versuchen zur Bestimmung des specifischen Gewichts zu beobachten sind.

1) Man muß vor allen Dingen mit einer empfindlichen Wage und genauen Gewichten versehen seyn, die eine Wagschaale muß ein Häkchen haben, damit man unter derselben den unter Wasser abzuwiegenden Körper an einem feinen Faden aufhängen könne.

2) Man muß die chemische Reinheit und die sonstige physische Beschaffenheit des Körpers genau untersuchen, so wie auch seinen Fundort angeben.

3) Man bestimme den Thermometer und Barometerstand, bey welchem man die Versuche angestellet hat.

Alle Körper werden durch die Wärme ausgedehnet, der eine mehr, der andere weniger, daher müssen sich die Verhältnißzahlen der specifischen Gewichte mit der Temperatur ändern. Man ist gegenwärtig so ziemlich einverstanden, alle specifischen Gewichte auf die Temperatur der Eiskälte zu beziehen. (Eine mittlere Temperatur von + 10 — 15° wäre vielleicht schicklicher, weil man bey dieser die Bestimmungen leichter unmit-

telbar erhalten kann.) Um dieß thun zu können, muß man wissen, wie viel das Wasser, und der Körper räumlich durch einen Grad des Thermometers ausgedehnt werden. Hat man die Temperatur beobachtet, wobey das specifische Gewicht bestimmt worden ist, so muß man das Resultat mit der Größe der Ausdehnung des Körpers multipliciren, und es durch die Größe der Ausdehnung des Wassers dividiren, um dasjenige Resultat zu erhalten, was man bey der Temperatur der Eiskälte gefunden haben würde. — Alle Körper sind beym gewöhnlichen Abwiegen in Luft eingetaucht, und verlieren daher so viel von ihrem absoluten Gewicht, als die Luft wieget, die sie aus der Stelle treiben. Dieß Gewicht ändert sich aber mit dem Barometer- und Thermometerstand. Hiervon im folgenden Abschnitte.

In der Regel ist der Verlust, den die Körper an Gewicht in der Luft erleiden, so klein, daß man ihn bey der Bestimmung der specifischen Gewichte vernachlässigen darf; nur dann muß er berücksichtiget werden, wenn die abzuwiegenden Körper sehr leicht sind, und einen großen Raum im Verhältniß der Gegengewichte einnehmen. Auf die Gestalt der Körper, deren specifisches Gewicht man bestimmen will, kommt zwar im Ganzen nichts an, jedoch dürfen die Körper keine zu große Oberfläche gegen ihre Masse haben, weil sonst die Adhäsion und der Widerstand der Flüssigkeit an und gegen die Oberfläche das genaue Abwiegen erschweret, und das Resultat unsicher macht.

§. 72.

Das specifische Gewicht der tropfbar flüssigen Körper zu bestimmen, kann man verschiedne Methoden befolgen.

1) Man wähle einen festen Körper, (z. B. eine Kugel von Glas) welcher sich im Wasser und vielen andern Flüssigkeiten einsenken lässet; untersuche wie viel der Körper an Gewicht im Wasser verlieret, und wie viel er in der Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht man bestimmen will, verlieret; mit dem erstern Gewichtsverlust dividire man in den letzteren, so erhält man das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

2) Man wähle einen hohlen Körper von bestimmter Größe, (am besten eine Glasflasche mit geschliffenem Stöpsel, durch welchen eine mit einem Zeichen versehene Röhre

geht) fülle denselben bey gleichen Temperaturen zuerst mit Wasser, dann mit der Flüssigkeit, das eine Mahl genau so weit als das andere Mahl an, suche durch die Wage das Gewicht des Wassers und das Gewicht der Flüssigkeit bey gleichem Raume, dividire letzteres durch ersteres, so erhält man das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

3) Man untersuche das specifische Gewicht einer Flüssigkeit durch einen hohlen mit Gewichten beschwerten Körper (Senkwage, Aräometer), welcher auf dem Wasser und den zu untersuchenden Flüssigkeiten schwimmt. Diese Methode die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten durch die Senkwage zu bestimmen, ist eine von den bequemsten und am häufigsten in Anwendung kommende, daher sie eine nähere Betrachtung verdienet.

§. 73.

Man hat zwey Arten von Senkwagen, mit Scalen, und mit Gewichten. Die mit Scalen versehnen Aräometer gründen sich auf den Satz: wenn ein und derselbe Körper auf verschiedenen Flüssigkeiten schwimmt, so verhalten sich die eingetauchten Räume des Körpers verkehret wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten.

Hieraus bestimmt sich folgende Einrichtung für die Aräometer mit Scalen.

Man gebe einem solchen Körper (am besten von Glas) die Gestalt Fig. 71. A ist ein nach unten etwas zugespitzter kugelartiger Körper, B ein ähnlicher kleinerer Raum, welche vor der Schmelzlampe durch eine Glasblase verfertiget werden können; der obere Theil ab ist eine hohle cylindrische Röhre.

Man fülle in die untere Kugel B so viel Quecksilber, daß sich das Aräometer bis a in Wasser von der angenom-

menen Normaltemperatur eintauche, und suche darauf das Gewicht des Aräometers. Jetzt vermehre man das Gewicht desselben so lange, bis es sich im Wasser bis b einsenkt; das Verhältniß der beiden Gewichte giebt das Verhältniß der Räume Ba zu Bb an. Wir wollen annehmen, dieß Verhältniß sey = 90 : 100, und das Aräometer soll sich im Wasser bis a eintauchen, so muß man jetzt das später hinzugefügte Gewicht wieder wegnehmen, und dann den Raum B hermetisch versiegeln. Ist dieß geschehen und das Instrument senkt sich in einer andern Flüssigkeit bis b ein, so kann man nach dem oben aufgestellten Lehrsatz schliessen, daß sich das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit zum specifischen Gewicht des Wassers = 90 : 100 verhalte. Um zwischen den Puncten a und b die Scale so zu verzeichnen, daß sie den innerhalb 90 und 100 fallenden specifischen Gewichten entsprechen, verfahre man wie folgt.

Man errichte rechts und links von ba die Perpendickel bd, ac, deren Längen sich gegen einander verhalten wie die Räume von Bb : Ba, im Beyspiel wie 100 : 90 = 10 : 9; theile jedes derselben in so viel gleiche Theile, als man Theile auf ab haben will, verbinde die zusammengehörigen Puncte von cb rechter Hand, oder von da linker Hand gezählet durch gerade Linien, so geben deren Durchschnittspuncte mit ab die verlangte Scalentheilung, welche man wie die Figur zeigt, d. i. im umgekehrten Verhältnisse der Räume beschreibt. Man zeichnet die Scale bey gläsernen Werkzeugen am beßten auf ein Papier, das man zusammenrollet und in die Röhre ab hineinschiebt. Das Gewicht der Scale vermindert das in B einzufüllende Gewicht an Quecksilber, worauf, bevor der Raum B verschlossen wird, Rücksicht genommen werden muß. Man kann der Scale eines Aräometers nicht wohl einen solchen Umfang geben,

daß sie die specifischen Gewichte aller Flüssigkeiten umfasse. Daher muß man sich mehrere Werkzeuge verfertigen, deren Scalen so aneinander passen, daß die eine da anfängt wo die andere aufhöret.

Der Beweiß der oben beschriebenen Verzeichnung der Gradtheilung beruht auf folgenden Gründen. Es bezeichne der Punct x einen mittlern Grad, z. B. den 95ten,

so muß $Bx : Ba = 100 : 95$ seyn,

also auch $ax : Ba = 5 : 95$

oder $ax = \frac{5}{95} \cdot Ba$. Da aber auch

$Ba : Bb = 90 : 100$, also

$ab = \frac{10}{90} Ba$, $Ba = 9ab$

so hat man $ax = \frac{5}{95} \cdot 9 \cdot ab$

und $bx = ab - ax = \frac{50}{95} ab = \frac{5 \cdot 10}{95} ab$

oder $ax : bx = 9 : 10$

Dasselbe Verhältniß giebt auch die Construction.

§. 74.

Die Aräometer mit Gewichten sollen sich in verschiedenen Flüssigkeiten gleich tief, bis zu einem am Halse befindlichen Normalpuncte, einsenken, ihre absoluten Gewichte müssen also im Verhältnisse der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, worauf sie schwimmen, verändert werden, damit man aus dem Verhältniß der erstern auf das Verhältniß der letzteren schliessen könne. Folgende Einrichtung ist hierzu die passendste.

Man lasse sich einen hohlen Körper von Glas von der Gestalt Fig. 72 verfertigen. Das Hälschen zwischen der Schaale C und dem Körper A kann ein massives Glasstängelchen seyn, damit es dünne und hinlänglich stark ausfalle. In die untere Kugel B wird so viel Quecksilber eingefüllet, und dieß so tief unter A angebracht, daß man etwas über die Hälfte von dem Gewichte des Werk-

zeuges Beschwerung auf die Schaale legen könne, ohne zu besorgen, daß das Aräometer umschlage, oder sich schief stelle. Man gebe z. B. dem Werkzeug 700 Gewichtstheile, indeß das größte Auflegegewicht 400 — 500 Theile sey. Nun suche man dasjenige Auflegegewicht, bey welchem das Aräometer in Wasser von der Normaltemperatur bis n eintauche. Dieß Gewicht sammt dem Gewicht des Werkzeugs heiße = p; taucht nun, bey verändertem Auflegegewicht, das Aräometer in einer andern Flüssigkeit wieder bis n und sein gesammtes Gewicht heißet nun = q, so würde $\frac{q}{p}$ das specifische Gewicht der Flüssigkeit seyn. Diese kleine Rechnung erspahret man, wenn man p gerade = 1000 nimmt. Dieß kann auf zweierlei Art erhalten werden. Entweder man bestimme den Raum von B bis n so daß er genau 1000 bekannte Gewichtstheile (z. B. Gran oder halbe Gran) Wasser von der Normaltemperatur fasse, welches einen wohl geübten Glasarbeiter fordert; oder man wähle die Größe des Werkzeugs nach seiner Bequemlichkeit, bestimme das Gewicht p durch einen genauen Versuch, theile darauf dasselbe auf einer scharfen Wage in 1000 gleiche Theile, und brauche solche Tausendtheile des Gewichts p als Auflegegewichte, so hat man ebenfalls was verlangt worden ist. Z. B. Es wiege das Aräometer für sich 700 Theile, bey einer Flüssigkeit (Alkohol) brauche man 91 Auflegewicht, bey einer andern 412, so sind die specifischen Gewichte dieser beiden Flüssigkeiten 0,791 und 1,112 das Wasser zur Einheit genommen. Da die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, das Quecksilber ausgenommen, nicht über 2,000 ansteigen, so kann man mit zwei Werkzeugen der vorbeschriebenen Art völlig aus-

'chen; ja mit einem, wenn man den Theil B von dem

Theil A sondert, und sich zwey Kugeln B, B' von gleicher Größe aber ungleichem Gewichte verfertiget, die man an den Theil A anhängen kann. Es wiege

A + B 700 Gewichtstheile

A + B' 1200 derselben, so wird man mit einem Werkzeug für alle Flüssigkeit ausreichen. Hätten B und B' nicht gleiche Räume, so müßte man sich für A + B' besondere Gewichtstheile verfertigen, auf ähnliche Art wie man sie für A + B gefunden hat.

§. 75.

Nicholson hat ein Aräometer angegeben, womit sich auch die specifischen Gewichte der festen Körper bestimmen lassen. Es beruht auf folgenden Gründen. Mit einem hohlen Körper A, der auf einem Stängelchen C die Schaale D träget, ist ein trichterförmiges Anhängegewicht B verbunden. Das Ganze ist specifisch leichter als Wasser, so daß noch ein bestimmtes Gewicht p in die Schaale geleget werden muß, um das Aräometer bis C ins Wasser zu versenken. Will man das specifische Gewicht eines Körpers K finden, von welchem wir voraussetzen, daß er weniger wiege als p, so bringe man den Körper statt p in die Schaale D, und lege so viele Gewichte daneben, bis sich das Aräometer bis C eintaucht. Die zugelegten Gewichte von p abgezogen, geben das Gewicht des Körpers K. Jetzt bringe man den Körper von der Schaale unter Wasser in den Trichter B; er wird um so viel weniger wiegen als er in dem Wasser verloren hat, und man muß Gewichte in der Schaale zulegen, bis das Aräometer sich bis C einsenkt. Die zugelegten Gewichte drücken den Verlust der Körper in dem Wasser aus, dividiret man mit demselben in das vorhin gefundne Gewicht des Körpers, so erhält man das specifische Gewicht.

§. 76.

Die nachstehende 1te Tafel enthält die specifischen Gewichte mehrerer festen und flüssigen Körper nach den zuverlässigsten Beobachtungen, nebst Angaben der Temperaturen, wo sie bekannt sind. Wie die specifischen Gewichte der Gasarten gefunden worden sind, soll in dem folgenden Abschnitte weiter erläutert werden. Bey den specifischen Gewichten der Gasarten hat man das Gewicht der atmospärischen Luft bey der Temperatur der Eiskälte und einem Barometerstand von 28 pariser Zollen zum Grunde gelegt.

Die zweyte Tafel enthält die Aenderung des specifischen Gewichts des Wassers nach Hällstrom's neuesten Untersuchungen über diesen Gegenstand, welcher die sämmtlichen Beobachtungen der Naturforscher hierüber verglichen, und die wahrscheinlichsten Resultate berechnet hat.

Die zweyte Tafel dienet die specifischen Gewichte von einer Temperatur auf die andere zu bringen. Brisson z. B. giebt das specifische Gewicht des Eisens bey + 14° R 7, 79 an, wie viel würde es bey der Temperatur der Eiskälte betragen!

Aus der Tafel findet sich das spec. Gewicht des Wassers bey + 14° 0,999 bey der Eiskälte = 1,000 beider Unterschied = 0,001 mit 7,79 multipliciret giebt 0,00779 um welche Größe das specifische Gewicht in Bezug auf die größere Dichte des Wassers kleiner ausgefallen seyn würde. Dieß gäbe 7,79 — 0,00779 = 7,78221. Wollte man auch auf die Verdichtung des Eisens Rücksicht nehmen, welche für + 14°R 0,000054 Theile des Raumes bey der Eiskälte beträget, so müßte jene Zahl wieder um 0,000054 × 7,78 = 0,00042012 vermehret werden, und man erhielte 7,7826412 für das gesuchte specifische Gewicht.

Die dritte Tafel giebt das absolute Gewicht eines Körpers aus seinem Raume und specifischen Gewichte, oder umgekehret den Raum aus dem Gewichte.

Beyspiele. Wie viel wiegt ein Cubikzoll Silber, dessen spec. Gewicht nach Brisson bey + 14°R = 10,47 ist in

heſſ. Maaß? Antwort 10,47 $\times$ 0,99985 Loth = 10,4684 Lth. Ohne Rückſicht auf die Temperatur würde er = 10,47 Loth wiegen.

Wie viel Raum nimmt ein Marmorblock ein, deſſen abſolutes Gewicht = 500 Pf., ſpec. Gewicht = 2,71 iſt? Antwort $\frac{500 \text{ Pf.}}{2{,}71 \times 31{,}2 \text{ Pf.}} = 5{,}91$ E F.

Die ſpecifiſchen Gewichte dienen dem Naturforſcher nebſt andern Merkmahlen zur Unterſcheidung der Körper. Der Anblick der Tafel lehret, daß kein Metall, die Metalloide der Alkalien ausgenommen, unter dem fünffachen Gewicht des Waſſers vorkommt. Man kann auch aus dem ſpecifiſchen Gewichte einer Miſchung und der gemiſchten Körper auf das Verhältniß der Miſchung, und umgekehret von dieſen auf jene ſchlieſſen. Hierzu giebt der folgende Paragraph Anleitung.

1te Tafel über die ſpecifiſchen Gewichte.

Metalle.

Namen.	ſpec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Platin gehämmert .	21,000		Wollaſton (Wſt.)
Gold gehämmert . .	19,26	14° R	Briſſon (Br.)
gewalzt . .	19,36	—	(Br.)
Scheelium	17,22		Allen
Queckſilber	13,619	0° R	Cavallo
feſt	14,4		
Bley gegoſſen . . .	11,35	14°	(Br.)
Palladium gehämm. .	11,4		(Wſt.)
gewalzt . .	11,87		—
Rhodium	11,0		—
Silber gegoſſen . .	10,47	14°	(Br.)
gehämmert .	10,51	14°	—
Uranium	9,00		Buchholz
Nickel gegoſſen . .	8,28		Richter
gehämmert .	8,67		—
Kupfer gegoſſen . .	7,79	14° R	(Br.)
gehämmert .	8,88	—	—
Molybdän	8,60	—	(Buchholz)
Kobalt	8,54		Lampadius
Arſenik	8,31		Bergmann
Kadminum gegoſſ. .	8,604	16,5	Stromeyer
gehämmert .	8,694	—	—
Eiſen gehämmert .	7,79	14° R	(Br.)
Stahl	7,84	—	—
Zinn gegoſſen . . .	7,29	—	—
gehämmert .	7,30	—	—

Fortsetzung Metalle.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Zink gegossen . . .	6,86	—	(Br.)
gehämmert .	7,21	—	—
Mangan	6,99—8,01		Hielm, John
Spießglanz	6,86—6,71	60° F	Bergmann Hatchet
Tellurium	6,11	3½ R	Klapproth (Kl.)
Chromium . . .	5,90		Richter
Selenium	4,3		Berzelius
Baryum	4,0		Davy
Natronium	0,93		—
Kalium	0,6		—

Brennbare Körper.

Jodine	4,948		Gay Lüssac (G. L.)
Diamant	3,49—3,68	3½° R	Karstens (K.)
Schwefel	2,01	14° R	(Br.)
Phosphor	2,03	—	—
Graphit	2,1—2,37	3½° R	(K.)
Steinkohle	1,27—1,51	—	—
Erdpech	0,965	—	—
Erdschlacke	1,092	—	—
Bernstein	1,08	14°	(Br.)

Steine.

Zirkon	4,3—4,7	3½° R	(K.)
Almandin (rother Granat)	4,02—4,34	—	—
Saphir	4,03—4,29	—	—
Spinell	3,52—3,57	—	—
Korund	3,89—4,03	—	—
Topas	3,53—3,66	—	—
Smaragd	2,71	—	—
Bergkrystall	2,68—2,88	—	—
Flußspath	3,14—3,29	—	—
Jaspis	2,56	—	—
Achat	2,64		Kirwan
Tungstein	6,01		(Kl.)
Schwerspath	4,08—4,48	3½° R	(K.)
Witherit	4,36	—	—
Strontian	3,67	—	(Kl.)
Turmalin	3,20	—	(K.)
Olivin	3,26	—	(Kl.)
Basalt	3,08	—	(K.)
Obsidian	2,35	14° R	(Br.)
Töpferthon	2,08	3½	(K.)
Marmor (carar.) .	2,71	14° R	(Br.)
Kalkspath (isländ.) .	2,715	14° R	(Br.)
Kreide	2,25	3½°	(K.)
Frauenneis	2,31	14° R	(Br.)
Speckstein	2,38	3½	(K.)
Meerschaum	1,21	—	—

Fortsetzung Steine.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Bimsstein	0,93	3½	(K.)
Schwimmstein	0,45	—	—
Erden.			
Schwererde	4,00		Kirwan
Kieselerde	2,65		—
Thonerde	2,0		—
Bittererde	2,187	15° R	Schmidt
Kalkerde	2,39		Kirwan
Beryllerde	2,967		Eckeberg
Yttererde	4,842		—
Gläser.			
Flintglas	3,3		Cavallo
Kronglas	2,52		—
Krystallglas	2,89	14°	(Br.)
Porcellain	2,38		—
Salze (bekannteste).			
Kochsalz	1,918—2,08	14°	Muschenbroek (M.) Henry
Steinsalz	2,14		(M.)
Salpeter	1,90		—
Salmiak	1,42		—
Alaun	1,71		—
Kali (kohlensaur.)	2,75		—
Natron (kohlens.)	1,42		Kirw.
Ammoniak (kohls.)	1,502		(M.)
Hölzer.			
Buxbaum	1,33		(M.)
Ebenholz	1,21		—
Mahagony	1,06		—
Eichenholz (Kern)	1,17		—
Buchenholz	0,852		—
Eschenholz	0,845		—
Erlenholz	0,80		—
Ahorn	0,755		—
Birnbaum	0,7548		Schmidt
Nußbaum	0,677		(M.)
Linden	0,604		
Edeltannen	0,55		(M.)
Pappeln	0,38		—
Kork	0,24		—
Holzkohlen	0,28—0,44		Hielm
Einige Körper des Thierreichs.			
Elfenbein	1,825		(M.)
Wallroszahn	1,933		—
rothe Corallen	2,689		—
orient. Perlen	2,750		—

Fette und Oehle.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Wallrath	0,94	14°	(Br.)
Talch	0,95		(M.)
Wachs	0,96		—
Butter	0,94		(Br.)
Baumöhl	0,91		(M.)
Leinöhl	0,93		—
Therpentinöhl . . .	0,792		—
Steinöhl oder	0,752		
Naphta . .	0,816		(Br.)

Flüssigkeiten verschiedner Art.

Namen	spec. Gew.	Temp.	Beobachter
Schwefelsäure . . .	1,848		Ure
Salpetersäure . . .	1,50		—
Salzsäure	1,192		—
Frauenmilch . . .	1,023		(M.)
Kühmilch	1,0324		—
Bier	1,02—1,10		
Weine	0,99—1,05		
Wasser	1,00	3½° R	
Ammoniak (ätz.) . .	0,905		Davy
Essigäther	0,91		
Weingeist	0,791	15° R	Lowitz
Schwefeläther. . .	0,717		Saussür.

Gase.

Hierbey wird das specifische Gewicht der atmosphär. Luft zur Einheit angenommen.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Druck.	
atmosp. Luft . . .	0,001296	0°	28 Zoll	d. Wasser = 1 gesetzt
atmosph. Luft . . .	1,0000	—	—	
Sauerstoffgas . . .	1,10359	—	—	Biot. (G. L.) Arrago
Stickgas	0,96913	—	—	— (0,976 nach Berzelius)
Wasserstoff Gas . .	0,07321	—	—	— (0,0689 n. Berzl.
kohlensaures Gas .	1,51961			
Ammoniak Gas . .	0,59669	—	—	
salzsaures Gas . .	1,2474	—	—	
Chlorin Gas . . .	2,470	—	—	
Hydriod Gas . . .	4,443			(G. L.)
Kohlenoxyd. Gas. .	0,9569			
Oxyd. Stickgas . .	1,5204			
Salpeter Gas . . .	1,0388			
Schwef. Wasserst. G.	1,1912			
Oehlbildend. Gas .	0,97804			
Flußspathf. Gas . .	2,3709			
Dampf des Wassers .	0,623*			(G. L.)
Alkohols	1,6133*			
Schwefeläther . . .	2,586*			

Die mit * bezeichneten Dämpfe sind bey dieser Temperatur und Spannkraft nur eingebildete Stoffe. (Siehe die Lehre von den Dämpfen.)

2te Tafel.

Specifisches Gewicht des Wassers nach Hällström.

Temperatur		spec. Gew.	
Centes.	Reaum.		
0° —	0	1,0	
1 —	0,8	1,0000466	
2° —	1,6	1,0000799	
3° —	2,4	1,0001004	
4° —	3,2	1,00010817	
4,1 —	3,28	1,00010824	größte Dichte
5° —	4,0	1,0001032	
6° —	4,8	1,0000856	
7° —	5,6	1,0000355	
8° —	6,4	1,0000129	
9 —	7,2	0,9999579	
10 —	8,0	0,9998906	
11 —	8,8	0,9998112	
12 —	9,6	0,9997196	
13 —	10,4	0,9996160	
14 —	11,2	0,9995005	
15 —	12,0	0,9993731	
16 —	12,8	0,9992340	
17 —	13,6	0,9990832	
18 —	14,4	0,9989207	
19 —	15,2	0,9987468	
20 —	16,0	0,9985615	
21 —	16,8	0,9983648	
22 —	17,6	0,9981569	
23 —	18,4	0,9979379	
24 —	19,2	0,9977077	
25 —	20,0	0,9974666	
26 —	20,8	0,9972146	
27 —	21,6	0,9969518	
28 —	22,4	0,9966783	
29 —	23,2	0,9963941	
30 —	24,0	0,9960993	

3te Tafel.

Absolutes Gewicht des Wassers bey verschiednen Temperaturen, in neu französischem, alt pariser, und großherzoglich Hessischem Maaß und Gewicht.

Temp. Centes.	1 Cub. Dec. Meter Grammen.	1 p. Cubikf. Pfund Troy	1 Cub. Fuß h. = 1000 Cubikzoll.		
0° = 0R	999,89	70,0165	999,89 Lth.	= 31,247	Pf.
4,1	1000,00	70,0242	1000 -	= 31,25	-
5° = 4	999,99	70,0235	999,99 -	= 31,2497	-
10° = 8	999,78	70,0088	999,78 -	= 31,2432	-
15° = 12	999,26	69,9724	999,26 -	= 31,227	-
20° = 16	998,45	69,9157	998,45 -	= 31,202	-
25 = 20	997,36	69,8394	997,36 -	= 31,168	-
30° = 25	996,00	69,7441	996,00 -	= 31,125	-

§. 77.

Wenn sich zwei Körper von verschiednen Dichten so mit einander vermischen, daß der Raum, welchen sie nach der Mischung einnehmen, gleich der Summe der Räume vor der Mischung ist, so erhält man für die Dichte der Mischung, (wenn V und v, D und d Räume und Dichten der gemischten Körper bezeichnen) den Ausdruck $x = \frac{VD + vd}{V + v}$. Umgekehret wird aus D, d und x das Verhältniß der Mischung, oder $V : v = x - d : D - x$ gefunden. Das ist die Räume der gemischten Körper verhalten sich verkehret wie die Unterschiede zwischen der Dichte der Mischung und der gemischten Körper.

Nach Beobachtungen der Metallarbeiter können Blei und Zinn zusammen geschmolzen werden, ohne daß sich der Raum bemerklich ändert. Würden gleiche Theile zusammen geschmolzen, so wäre nach der vorstehenden Tafel der specifischen Gewichte die Dichte der Mischung

$$\frac{1 \cdot 1135 + 1 \cdot 7{,}29}{1 + 2} = 9{,}32.$$

Wäre die Dichte einer Mischung aus Blei und Zinn $= 8{,}305$ gegeben, und man suchte das Verhältniß der Mischung, so erhielt man $8{,}305 - 7{,}29 : 11{,}35 - 8{,}305 = 1 : 3$ für das Verhältniß von Blei zu Zinn dem Raume nach. Mischte man die Körper nicht nach Räumen, sondern nach Gewichten, oder Massen; so bemerke man, daß die Massen den Räumen multipliciret in die Dichten proportional sind. Dieß giebt $m = vd$ und $v = \frac{m}{d}$. Daher obige beide Ausdrücke in folgende übergehen

$$x = \frac{M + m}{\frac{M}{D} + \frac{m}{d}} = \frac{(M + m)\,D d}{M d + m D}$$

und $\frac{M}{D} : \frac{m}{d} = x - d : D - x$

oder $M : m = D\,(x - d) : d\,(D - x)$

Die Voraussetzung, daß die Summe der Räume vor und nach der Mischung gleich bleiben, tritt selten ein, vielmehr findet meistens durch die Wechselanziehung der sich mischenden Stoffe eine Verkleinerung des Raumes, folglich eine Verdichtung Statt. Z. B. Gleiche Massen von Wasser, und Weingeist von der Dichte 0,791, würden gemischt nach der obigen Voraussetzung eine Dichte $x = \frac{2 \cdot 0{,}791}{1{,}791} = 0{,}8833$ haben. Die Erfahrung giebt nach der unten folgenden Tafel 0,917. Es findet also eine Verdichtung oder Raumsverminderung von $^{337}/_{8833} = ^{1}/_{26}$ des Ganzen Statt. Da die Größe der Verdichtung theils von der Wechselanziehung der sich mischenden Stoffe, theils von dem Verhältnisse der Mischung abhängt, so bleibt der sicherste Weg die Dichten der Mischungen durch die Erfahrung zu bestimmen, wobey man sich übrigens der mathematischen Einschaltungsmethode bedienen kann, um die Erfahrungen nicht allzusehr häufen zu müssen. Die nachstehende, eigentlich von Lowitz herrührende Tafel über die Dichten der Mischungen von Weingeist und Wasser, habe ich aus Meißners Aräometrie Wien 1816 entlehnt. Die erste Columne enthält die Menge des Weingeists nach Procenten des Gewichts, die zweite das specifische Gewicht bey 16° R, die 3te die Aenderung der Dichte für 1° Temperaturänderung, von mir berechnet nach folgenden Grund-

sätzen: Es heiße die Ausdehnung eines Körpers durch die Wärme = a eines andern = b, von jenem seyen m, von diesem n Theile in der Mischung, so findet man die Aenderung der Dichte durch die Formel $\left(\frac{ma + nb}{m + n}\right) d.$

Nach eignen Versuchen fand ich die Größe der Ausdehnung für 1° R von Wasser = 0,000443
von Weingeist = 0,00148
zwischen 15° und 30° Temperatur. Diese Werthe zum Grunde gelegt, sind die Zahlen der dritten Columne nach der vorstehenden Formel berechnet worden. Sie stimmen mit den Beobachtungen gut überein. Z. B. nach Gilpin (Philos. Trans. 1794) ist die Dichte

	bey 60° F	bey 65° F
von 2 Thl. Weingeist 1 Thl. Wasser	0,89707	0,89479
gleichen Theilen	0,93002	0,92794
von 1 Thl. Weingeist 2 Thl. Wasser	0,95804	0,95635

Unsre Formel giebt für die drei letzten Zahlen aus den drei ersten 0,89474
0,92804
0,95636

Doch kann die Formel nur auf solche Mischungen angewendet werden, wobey keine bedeutende chemische Wirkung statt findet.

Weingeist nach Procent.	specif. Gewicht bey 16° R	Aenderung des spec. Gew. für 1° R
100	0,791	0,00117
95	0,801	
90	0,818	0,00110
85	0,813	
80	0,843	0,00107
75	0,856	
70	0,868	0,00102
65	0,880	
60	0,892	0,00095
55	0,904	
50	0,915	0,00088
45	0,926	
40	0,937	0,00080
35	0,947	
30	0,955	0,00079
25	0,963	
20	0,970	0,00068
15	0,977	
10	0,984	0,00062
5	0,992	
0	1,000	0,000443

Der Gebrauch der Tafel ist folgender. Man habe mittelst eines Aräometers die Dichte eines Brandteweins = 0,940 bey + 12° R gefunden, und fragt, wie viel Procent Weingeist enthält derselbe. Da für diese Dichte die Aenderung für 1° R = 0,0008, also für 4° R = 0,0032 ist, so subtrahire man diese Größe von der beobachteten Dichte, um sie auf die Normaltemperatur von + 16° R zu bringen, und man erhält 0,9368, welches 40 Procent Weingeist entspricht.

Aehnliche Tafeln hat man für Salzauflösungen und andere Mischungen verfertiget. Man sehe das schon angeführte Werk von Meißner.

Träget man auf die nach specifischen Gewichten eingetheilte Scale eines Aräometers, die den einzelnen Dichten einer Mischung entsprechenden Procente, so erhält man für bestimmte Zwecke brauchbare Brandteweinwagen, Salzwagen u. s. w.

Ueber die Verfertigung der Aräometer ist nachzusehen: Anleitung zur Bestimmung des specifischen Gewichts und zur Verfertigung genauer Aräometer von A. Baumgärtner Wien 1820. Desgl. Gehlers physik. Wörterb. Artikel Aräometer neue Ausgabe von Munke.

Tafel über die specifischen Gewichte der drei bekanntesten Mineralsäuren nach Ure.

Procent nach Maaßen	specif. Gew. Schwefelsäure	spec. Gew. Salpetersäure	spec. Gew. Salzsäure
100	1,8485	1,5000	1,1920
90	1,8115	1,4730	1,1735
80	1,7120	1,4385	1,1550
70	1,5975	1,3945	1,1351
60	1,4860	1,3427	1,1155
50	1,3884	1,2887	1,0960
40	1,2999	1,2277	1,0765
30	1,2184	1,1645	1,0517
20	1,1410	1,0764	1,0380
10	1,0682	1,0485	1,0190

Soolengehalt von Kochsalz nach Bischof in Procenten des Gewichts bey 15°R.

Siehe Gilb. A. 356.

spec. Gew.	Procente	spec. Gew.	Procente
1,005	0,71	1,105	14,33
1,010	1,42	1,110	15,00
1,015	2,11	1,115	15,64
1,020	2,82	1,120	16,29
1,025	3,52	1,125	16,94
1,030	4,21	1,130	17,59
1,035	4,91	1,135	18,23
1,040	5,69	1,140	18,87
1,045	6,28	1,145	19,52
1,050	6,97	1,150	20,15
1,055	7,65	1,155	20,79
1,060	8,33	1,160	21,43
1,065	9,00	1,165	22,06
1,070	9,68	1,170	22,69
1,075	10,35	1,175	23,32
1,080	11,02	1,180	23,94
1,085	11,73	1,185	24,57
1,090	12,35	1,190	25,19
1,095	13,01	1,195	25,82
1,000	13,67	1,200	26,44
		1,205	27,50

Fünfter Abschnitt.

Von den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung der elastischen Flüssigkeiten.

§. 78.

Unter einer elastischen Flüssigkeit verstehen wir eine solche, welche sich nicht blos durch äussere Kräfte zusammenpressen lässet, sondern auch ein Bestreben äussert, sich in einen größern Raum auszubreiten. Wir können uns zwischen den Theilchen derselben eine zurückstossende Kraft denken, mag nun diese Kraft den Theilchen selbst, oder, welches wahrscheinlicher ist, einer viel feinern zwischen sie eingedrungnen und mit ihnen adhärirenden Flüssigkeit, wie wir uns etwa die Wärme denken, zugeschrieben werden müssen.

Wir unterscheiden die elastischen Flüssigkeiten in solche, deren Elasticität dauernd ist, und in solche, die keine unter allen Temperaturen bleibende Elasticität besitzen. Die erstern bezeichnen wir mit dem allgemeinen Namen von Luft, Luftarten, die andern mit dem Namen von Dämpfen. Beide begreift man auch unter dem gemeinschaftlichen Namen von Gasen. Unter die erstern gehören die gemeine oder atmosphärische Luft und ihre Bestandtheile das Sauer-

stoffgas und Stickgas; ferner das Wasserstoffgas und mehrere andere von den Chemikern entdeckte künstliche Gasarten. Jedoch finden sich unter den letztern nach Faraday's neuern Beobachtungen auch solche, wie z. B. das Chlorgas, Chlorwasserstoffgas, das oxydicte Stickgas und Salpetergas, das Schwefelwasserstoffgas, Ammoniakgas, Cyangas, und kohlensaure Gas, welche durch einen sehr starken Druck und eine niedrige Temperatur in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt werden können. Innerhalb jener Gränzen verhalten sie sich wie die permanenten Gase. Unter die andere Klasse gehören die Dämpfe nicht blos des Wassers, sondern aller Flüssigkeiten überhaupt, wahrscheinlich auch die meisten feinen und unsichbaren Ausdünstungsstoffe der festen Körper, obgleich die letztern nur noch wenig bekannt sind. Die Dämpfe haben das Eigenthümliche, daß sie bey einer bestimmten Temperatur auch nur einen bestimmten Druck aushalten können, wird dieser überschritten, oder jener erniedriget, so zerlegen sie sich theilweise, und kehren in die tropfbarflüssige Gestalt zurück.

Allen diesen Flüssigkeiten müssen wir ausser der Elasticität auch Schwere zuschreiben, und die Eigenschaften, welche aus der Vereinigung dieser beiden Kräfte hergeleitet werden können, machen den Gegenstand dieses Abschnittes aus. Wir werden diese Eigenschaften zunächst an Erscheinungen, die uns die gemeine Luft darbieten, erläutern, bemerken aber ein für alle Mahl, daß sie für die ganze Klasse gelten, die Dämpfe nicht ausgenommen, jedoch bey diesen unter gewissen Einschränkungen, die gehörigen Orts erwähnt werden sollen.

Unterschied zwischen den permanenten, und nicht
Gasarten kann zwar seit Faraday's erwähnter Ent-
t mehr so streng genommen werden, darf aber nicht

ganz aufgegeben werden, weil die Dämpfe von den coercibleu Gasen (wie sie Berzelius nennt) sich dadurch unterscheiden, daß sie sich bey jeder Temperatur zerlegen, sobald sie das für diese Temperatur Statt findende Maximum ihrer Dichte überschreiten.

§. 79.

Die Oberfläche der Erde ist überall mit Luft umgeben, wir leben und bewegen uns in derselben.

Dieß Luftmeer umgiebt die Erdkugel wie eine concentrische Kugelschichte, jedoch darf diese Gestalt nicht in dem strengen geometrischen Sinne genommen werden, denn dieses Luftmeer muß sich schon, wegen der Schwungkraft und Abnahme der Schwere gegen den Aequator hin, noch mehr aber, wegen der dort herrschenden größern Wärme viel weiter in die Höhe erstrecken, als gegen die Pole.

Die Luft ist zugleich der Behälter, wohin sich alle von der Erde aufsteigende Dünste begeben, daher heißt sie auch der Dunstkreiß oder die Atmosphäre. Die Existenz derselben ist für das gesammte Erdenleben von der größten Wichtigkeit, indem uns die Erfahrung lehret, daß kein Thier, ja keine Pflanze, beym völligen Ausschluß der Luft leben und fröhlich gedeihen könne. Die neuere Chemie hat bewießen, daß die Luft die Hauptquelle alles künstlichen Feuers auf der Erde ist; nicht weniger ist sie der Vermittler und Vertheiler der Wärme erregenden Kraft der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Erde. In der Atmosphäre gehen alle jene großen Erscheinungen vor, die wir im Allgemeinen mit dem Namen der Meteore bezeichnen.

Die Luft ist nicht nur der Behälter, wohin sich die Ausdünstungsstoffe der Erde begeben, sondern auch der Schoos, woraus sie unter den mannigfaltigsten Gestalten

als Regen, Thau, Schnee, Blitz und Hagel, theils befruchtend, theils verheerend wieder zur Erde zurückkehren. Es lohnet sich also in jeder Hinsicht der Mühe, die Eigenschaften der Luft näher kennen zu lernen.

§. 80.

Die Luft ist schwer, die Luft ist elastisch.

Beide Sätze sind aus der Erfahrung entnommen, und lassen sich auch leicht ohne künstliche Versuche, durch sie rechtfertigen; ja man muß sich von ihrer Wahrheit schon überzeuget haben, wenn man die Einrichtung und den Bau desjenigen Werkzeuges verstehen will, wodurch jene Eigenschaften erst vollständig erläutert und über alle Zweifel erhoben worden sind, ich meine die Luftpumpe. Daher bemerke man vorläufig folgende Erfahrungen.

Man nehme eine Schweinsblase, fülle sie zur Hälfte mit Wasser an, stecke durch den Hals der Blase eine an beiden Enden offne Glasröhre so, daß das untere Ende der Röhre ins Wasser tauche, der obere 10 — 12 oder mehrere Zolle über die Blase hervorrage. Nun binde man den Hals der Blase luftdicht um die Glasröhre zu, und drücke die Blase mit der Hand an ihrem die Luft enthaltenden Theile zusammen; das Wasser wird sogleich in der Röhre in die Höhe steigen, desto mehr, je stärker man drückt, und bey nachlassendem Druck wieder zurücksinken. Dieser einfache Versuch beweißt die Elasticität der Luft, und wie die Spannkraft derselben durch einen Druck von aussen her vermehret werden kann, sich aber auch mit diesem Druck ins Gleichgewicht setzt. Bringt man die Blase in einer geheitzten Stube nahe zum Ofen, so wird man gleichfalls das Wasser in der Glasröhre in die Höhe steigen, und bey nachher Erwärmung wieder zurücksinken sehen. Hieraus

geht hervor, daß die Spannkraft der Luft durch die Wärme vermehret, und durch die Kälte vermindert wird.

Man fülle ein etwas weites und tiefes Gefäß voll Wasser, nehme ein gewöhnliches Trinkglas, fülle und kehre es unter Wasser um, hebe sodann dasselbe in die Höhe, jedoch nicht weiter als daß der untere Rand des Glases noch unter dem Wasserspiegel bleibe. Das Glas bleibt gefüllt und das in ihm befindliche Wasser hebt sich über den Wasserspiegel des Gefäßes. Da nun diese Erscheinung aus den Gesetzen des Gleichgewichts des Wassers allein nicht erkläret werden kann, so müssen wir den Grund der Erscheinung in dem auf die Oberfläche des Wassers im Gefäße gehenden Luftdruck suchen, welcher auf das Wasser im Glase von unten nach oben sich fortpflanzt, von oben nach unten aber ausgeschlossen ist. Die Luft ist also schwer. Dieß beweißt noch augenscheinlicher der bekannte Versuch mit dem Stechheber. Man tauche eine an beiden Enden offne, jedoch oben und unten sich verengende Glasröhre unter Wasser, verschliesse die obere Oeffnung mit dem Finger, und hebe die Röhre aus dem Wasser; das Wasser wird in ihr hängen bleiben. So bald man den Finger oben wegzieht, fließet es unten aus, und höret auf zu fliessen so bald man wieder schliesset.

Die über dem Wasser in dem Stechheber eingeschlossene Luft ist in einem verdünnten Zustande, und drückt schwächer gegen das Wasser, als die Atmosphäre von unten herauf.

Auf die Schwere und Elasticität der Luft gründen sich eine Menge Einrichtungen, welche theils blos Unterhaltung und Belustigung, theils wesentlichen Nutzen gewähren. Hierher sind zu zählen die Einrichtungen von Lampen, die bey umgekehrten Oelgefäsen nichts verschütten, und doch den gehörigen Zufluß gewähren, der magische Trichter, das Dintenfaß, die Reißeschreibfeder, aus welchen wenig verdunstet und nur so viel

Dinte ausfliesset als verschrieben wird, das Oelkrügelchen der Wittwe, der intermittirende oder Zauberbrunnen, u. dergl. mehr. Auch erkläret sich aus der Schwere und Elasticität der Luft das periodische Fliessen mancher Quellen, und ihr reichliches Ueber- und Ausströmen bey plötzlich vermindertem äusserm Luftdruck.

Hiervon in den Vorlesungen.

Einer besondern Erwähnung verdienen der Heronsball, und Heronsbrunnen, wegen der Anwendung, welche man von ihnen bey den Wasserhebmaschinen gemacht hat.

abcd Fig. 74 bezeichne ein überall verschlossenes Gefäß, welches bey ab mit einer Schraubenschliessung versehen ist, durch welche die zum Durchgang des Wasserstrahles bestimmte Röhre ef luftdicht geht. Das Gefäß sey bis gh mit Wasser gefüllet, in dem obern Raum befindet sich Luft eingeschlossen. Treibt man durch die Röhre ef, vermittelst Blasen mit dem Munde, oder besser durch eine Druckpumpe mehr Luft in den innern Raum des Gefäßes, so wird das Wasser durch die Röhre fe hervorspringen, anfänglich mit stärkerer, dann immer abnehmender Geschwindigkeit, bis sich die durch die Verdichtung erhöhte Spannkraft der Luft durch das Sinken des Wasserspiegels gh wieder verloren hat. Dächte man sich von der Seite her unterhalb gh ein Wasserdruckwerk so angebracht, daß dasselbe in einer gegebenen Zeit eben so viel Wasser in das Gefäß trieb, als durch die Springöffnung hinausfähret, so würde nun durch diese ein ununterbrochner Wasserstrahl zu derjenigen Höhe ansteigen, welche dem Druck einer Wassersäule entspricht, der eben so groß wäre als die Vermehrung der Spannung der eingeschlossenen Luft. Dieß ist die Einrichtung bey unsern verbesserten Feuerspritzen, wo der Heronsball unter dem Namen des Windkessels angebracht ist.

Der Heronsbrunnen ist ein Springwerk, bey welchem die vermehrte Spannung der Luft durch den Fall oder Druck des Wassers selbst erhalten wird.

Fig. 75 stellt die Einrichtung desselben dar. A, B sind zwei über einander gestellte luftdichte Gefäße von gleichen Räumen. Das obere wollen wir uns durch die hernach zu verschliessende Oeffnung o mit Wasser bis gh gefüllt denken, das untere mit Luft, welche durch die Röhre cd mit dem obern Raume des Gefäses A in Verbindung stehe. Die andere Röhre ab dienet dazu, das untere Gefäß von aussen her mit Wasser zu füllen und die Luft aus demselben durch die Röhre cd in das obere Gefäß zu treiben. Indem dieß ge-

schieht vermehret sich daselbst die Spannkraft der Luft, und treibt das Wasser zur Springröhre f e hinaus. Die Geschwindigkeit des Wasserstrahles entspringt der Druckhöhe a b.

§. 81.

Dem Toricelli, einem Schüler des Galiläi, verdanken wir die genauere Bestimmung der Größe des Luftdrucks. Man denke sich eine Röhre, oben und unten mit Hahnen versehen, und zwischen den Hahnen länger als 32 Fuß. Man fülle durch die obere Oeffnung bey unten verschlossenem Hahn die Röhre ganz mit Wasser an, schliesse darauf auch den obern Hahn, stelle die Röhre mit ihrer untern Oeffnung unter Wasser und öffne den untern Hahn; das Wasser wird in der Röhre zum Theil herabsinken, aber in einer Höhe von ungefähr 32 Fuß stehen bleiben (vorausgesetzt, daß die Röhre eine lothrechte Stellung habe). Dieß ist der berühmte Versuch, wodurch Toricelli zuerst bewiesen hat, daß die Luft nicht blos schwer sey, sondern daß ihr Gewicht, das ist der Druck der ganzen Atmosphäre, auch eine bestimmte Gränze habe, und daß es dieser Luftdruck sey, welcher das Wasser in unsern Saugpumpen in die Höhe treibt, nicht ein Abscheu gegen den leeren Raum, welchen man früher der Natur angedichtet hatte, um jene Erscheinung nothdürftig zu erklären. Nimmt man statt des Wassers Quecksilber, welches 13,6 mahl schwerer als Wasser ist, so braucht die Röhre nur etwas über 28 pariser Zoll lang zu seyn, um dieselbe Erscheinung wahrzunehmen. Man bedienet sich mit mehr Bequemlichkeit hierzu einer gläsernen Röhre von ein Paar Linien Weite, schmilzt dieselbe an ihrem untern Ende zu, füllet sie etwas erwärmt mit trocknem Quecksilber an, und kocht dasselbe zu mehrerer Vorsicht in der Röhre aus, um alle Feuchtigkeit

und Luft daraus zu vertreiben, verschliesset dann die Oeffnung der Röhre fest mit dem Finger, wendet sie um, und bringt sie in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß. So wie man den Finger von der Oeffnung der Röhre wegzieht, sinkt das Quecksilber in der Röhre herab, bleibt aber in einer Höhe von ungefähr 28 Zollen p. M. stehen. Ueber dem Quecksilber in der Röhre bildet sich ein luftleerer Raum. Auch diesen Versuch verdanken wir Toricelli, und der so erzeugte leere Raum hat von seinem Erfinder den Namen der toricellischen Leere erhalten, man kannte ihn früher als denjenigen, welchen man mit Hülfe der Luftpumpe erzeugen kann.

Vermittelst des toricellischen Versuchs oder vielmehr des Barometers welches darauf gegründet ist, können wir den Druck der Luft auf jede bestimmte Oberfläche genau angeben. Z. B. der Barometerstand sey bey der Temperatur der Eiskälte = 28 Zoll par. Maaß = $30\frac{1}{3}$ Zoll hessisches Maaß, wie groß ist der Druck der Luft auf einen Quadratzoll nach hessischem Maaß und Gewicht?

Antwort $30\frac{1}{3} \times 13{,}619$ Loth = 413,1196 Loth = 12,91 Pf.; also der Druck der Luft auf einen Quadratfuß = 100 □ Zollen 1291 Pf.

In pariser altem Maaß und Gewicht würde man den Druck auf einen Quadratfuß 2236 Pf. auf einen Quadratzoll 15,5 Pf. finden. In neuem französischen Maaß und Gewicht würde der Luftdruck unter den angegebenen Bedingungen auf
den Quadratmeter . . . . 10328 Kilogramme
auf den Quadratdecimeter . . 103,28 Kilogramme
betragen.

§. 82.

Von den mancherlei Einrichtungen, zum Theil Künsteleien, die man an dem Barometer angebracht hat, wird am beßten in den Vorlesungen geredet. Hier nur kürzlich von den beiden vorzüglichsten Einrichtungen desselben.

1) Das Gefäßbarometer Fig. 78 I. und II. Eine

mit Quecksilber gefüllte, oben zugeschmolzene cylindrische Glasröhre steht unten mit einem weitern Gefäße, das zur Hälfte mit Quecksilber gefüllet ist, in Verbindung.

Das Gefäß kann wie Fig. 78 I. an die Röhre selbst angeschmolzen seyn (so sind die gewöhnlich zum Verkauf ausgebotnen Barometer der Glasblaser eingerichtet) oder einen abgesonderten Theil ausmachen wie Fig. 78 II. Man wählet dann zum Gefäß am beßten ein cylindrisches Glas, welches oben mit einem Deckel zur Abhaltung des Staubes versehen ist. Der Deckel muß entweder selbst so porös seyn, um die Luft durch zu lassen, oder besser mit einer eigens dazu bestimmten Oeffnung versehen seyn. Wenn der Quecksilberstand bey vermehrtem Luftdruck in dem Barometer steigt, so ist die gesammte Veränderung aus dem Theil xy, und aus der Größe, um welche der Quecksilberspiegel in dem Gefäße von cd nach cd' sinkt, zusammengesetzt. Ist das Gefäß gegen die Röhre weit, so kann die Veränderung des Quecksilberspiegels bey den gewöhnlichen Beobachtungen vernachlässiget werden. Besser berücksichtiget man sie bey genauern Beobachtungen. Dieß geschieht wenn das Gefäß n mahl weiter als die Röhre ist:

a) daß man die beobachtete Veränderung xy in dem Verhältnisse von 1 : 1 + n vergrößert, oder

b) wenn man die Scale, woran man xy misset, in dem umgekehrten Verhältnisse von 1 + n : 1 verkleinert; jedoch eine gewisse Höhe cx für den mittlern Barometerstand nach dem richtigen Maaße aufträget.

c) Man mache die ganze Scale beweglich, und versehe sie unten mit einem Weiser, den man genau nach dem Quecksilberspiegel in dem Gefäße stellen kann.

2) Das Heberbarometer Fig. 79, von seiner gleich einem Heber gebognen Gestalt, also benannt.

Der längere Schenkel ab ist oben zugeschmolzen, bey bc der luftleere Raum, bey e in dem kurzen und oben offnen Schenkel drückt die Luft auf das Quecksilber. Die Höhe des Quecksilberstand's wird an einer Scale ac gemessen, deren Null- oder Anfangspunkt mitten zwischen a und e lieget; man beobachtet die Tiefe oa, und die Höhe oc und addiret beide. Eine solche Scale kann auch mit Flußspathsäure auf die Glasröhre selbst geätzt werden. Um das doppelte Ablesen der Scale nach unten und oben zu vermeiden, kann man die Theilung auf einer Metallplatte anbringen, welche verschiebbar ist, unten mit einem Weiser versehen, der nach dem Stand des Quecksilbers in e gerichtet wird, oben erhält die Scale einen für sich beweglichen Weiser mit Vernier, welcher letztere Zehntheile oder noch kleinere Theile von der Haupttheilung angiebt, die meistens nach alt, oder neu französischem Maaß eingerichtet ist. Ein Heber- und Gefäßbarometer, in gleicher Vollkommenheit verfertiget, harmoniren nicht ganz mit einander, sondern das Gefäßbarometer steht wegen der Wirkung der Haarröhrchenanziehung, die bey demselben blos oben nicht unten Statt findet, etwas tiefer, desto mehr, je enger die Röhre und je höher die Krümmung (der Meniscus) des Quecksilbers in der Röhre ist. Wie viel? zeigt nachstehendes von Schleiermacher berechnetes Täfelchen in Millimetern.

Durchmesser der Röhre.	Höhe der Krümmung oder des Meniscus. 0,2	0,6	1,0
2	2,450	5,581	6,171
4	0,594	1,643	2,338
6	0,242	0,695	1,066
8	0,120	0,354	0,546
10	0,034	0,205	0,299

Herabpress. des Q.

Gleicht man den Unterschied des Standes zwischen einem Gefäs- und Heberbarometer durch Zufüllung von Quecksilber in das Gefäs bey einem mittlern Barometerstand aus, so harmoniren dann beide Barometer mit einander. Zu den täglichen Beobachtungen sind die Gefäßbarometer vorzuziehen. Zu den Höhenmessungen die Heberbarometer, weil sie leichter und sichrer transportabel gemacht werden können; auch eine kleine Abweichung von der cylindrischen Gestalt der Röhre bey ihnen den Nachtheil nicht hat, als bey dem Gefäßbarometer.

Da die Wärme das Quecksilber in den Barometern ausdehnet, so muß man deswegen eine kleine Verbesserung mit den beobachteten Barometerständen vornehmen, um sie alle auf eine Temperatur, etwa auf die Temperatur der Eiskälte zu bringen.

Man bemerke, daß die Ausdehnung des Quecksilbers für
1° R 0,000231
1° Cent. 0,0001748 beträget.

Man multiplicire eine dieser Zahlen mit der beobachteten Temperatur, und dem beobachteten Barometerstand, so erhält man die Größe, welche man von dem beobachteten Barometerstand abziehen muß, um den auf die Eiskälte reducirten zu erhalten. Z. B. die beobachtete Temperatur sey = + 10° R der beobachtete Barometerstand = 28″, so ist der reducirte = 28″ — 0,00231 . 28 = 27,″93532. Man kann sich darüber eine Tafel verfertigen, um die Rechnung nicht jedesmahl führen zu müssen. Delüc hatte gefunden, daß die Quecksilbersäule im Barometer sich bey einer Länge von 27 Zollen um 6 Linien = 96/16 Linien ausdehne, wenn sich die Temperatur von der Eiskälte bis zur Südhitze vermehret. Daher theilte er diesen Raum an dem Thermometer in 96 Theile, so entsprach jeder Grad des Thermometers 1/16 Linie Aenderung an dem Barometer. Uebrigens nahm er zur Normaltemperatur nicht die Eiskälte, sondern + 10° R = 12° Deluc an. Delüc's Correction ist aber nur näherungsweise richtig, weil sie sich nur auf die Länge von 27″ Barometerstand bezieht.

Die Erfahrung hat gelehret, daß der Barometerstand und sonach der Druck der Luft veränderlich ist, und daß die Ver-

änderungen des Barometerstandes mit Veränderungen der Witterung verknüpft sind. Wenn man aus sehr vielen Beobachtungen des Barometers die an demselben Orte, zu bestimmten Zeiten, in regelmäßiger Reihenfolge angestellet worden sind, das arithmetische Mittel nimmt, so erhält man den mittlern Barometerstand des Orts. Dieß ist eine beständige Größe. Der um die Mittagszeit eintrettende Barometerstand weicht wenig von dem mittlern täglichen ab. Nun bemerke man folgende aus der Erfahrung gezogne Regeln. Wenn das Barometer über den mittlern Stand langsam ansteigt und einige Zeit stehen bleibt, so ist heitere und beständige Witterung zu erwarten, die Wahrscheinlichkeit wird größer, wenn diese Veränderungen des Barometerstandes zugleich mit eintrettendem Ost- und Nordostwind verknüpft sind. Das Gegentheil findet Statt, d. i. es steht Regenwetter bevor, wenn das Barometer langsam unter den mittlern Stand sinkt, und zugleich warme süd und südwest Winde eintretten. Bey und vor Gewittern sinkt das Barometer gewöhnlich ein wenig, und steigt nach vorübergegangenem Gewitter. Sehr plötzliches und tiefes Fallen des Barometers deutet meistens heftigen Sturm, zuweilen Erdbeben an. Die Ursachen des veränderten Luftdrucks liegen oft sehr fern von dem Beobachtungsorte, daher manche große Barometerveränderungen mit keinem auffallenden atmosphärischen Wechsel an dieser Stelle verknüpft sind. Ueberhaupt sind die Ursachen der Barometerveränderungen noch nicht sämmtlich im Klaren, obgleich der Wechsel der Temperatur, der Einfluß der Winde, die electrische Spannung und der Zustand der Feuchtigkeit der Luft als eben so viele einwirkende Ursachen nicht zu verkennen sind.

Eine sehr regelmäßige, aber in unsern Gegenden wenig bemerkbare tägliche Schwankung des Barometers, rühret von dem täglichen Wechsel der Erwärmung der Luft durch die Sonne her.

Ueber diesen Gegenstand hat Alexander von Humboldt (Observations faites pour constater le marche des variations horaires du Barometre etc.) aus seinen und anderer Naturforscher bewährten stündlichen Barometerbeobachtungen folgende Gesetze aufgestellet.

1) Täglich tretten in den Barometerständen zwei größte und zwei kleinste Werthe ein. Am Tage fället das maximum zwischen 8½ — 10½ Uhr Morgens, das minimum zwischen

3 — 5 N. M. Des Nachts fället das maximum 9 — 11 Uhr, minimum 3 — 5 Uhr.

Die Zeiten sind nach den Zonen etwas veränderlich; man kann als mittlere Epoche annehmen

heiße Zone	21½, 4, 10½, 16	Uhr, von Mittag gezählet.
gemäßigte Zone	20½, 3½, 9½, 17	

2) In der heißen Zone sind die Epochen in dem Niveau des Meeres und auf 1300 — 1400 Toisen hohen Plateaus gleichzeitig. In der gemäßigten Zone soll es nicht so seyn. Z. B. auf dem Bernhard fallet das Barometer, wenn es in Genf steiget.

3) Zwischen den Tropen reichen die Beobachtungen eines Tages hin, die regelmäßigen täglichen Schwankungen festzustellen, in der gemäßigten Zone kaum eine Reihe von 20 Tagen.

4) Die Größe der täglichen Schwankungen des Barometers nimmt von dem Aequator nach den Polen hin ab, wie folgendes Täfelchen übersehen lässet.

Geograph.	Breite.			Größe der Schwankung.
Peru	5° 6′	S.	—	3,10 Millimeter
La Guayra	10°	N.	—	2,44
Brasilien	22°	S.	—	2,34
Strasburg	45°34′	N.	—	0,80
Königsberg	54°42′	N.	—	0,20

Daß diese tägliche Schwankungen von der erwärmenden Kraft der Sonne und der Axendrehung der Erde herrühren, ist keinem Zweifel unterworfen. Warum fallen die Epochen der beiden minima mit der wärmsten und kältesten Tageszeit zusammen? (Nach unsrer Ueberzeugung, weil in jener der stärkste Abfluß der erwärmten Luft in den obern Regionen der Atmosphäre, in dieser der stärkste Abfluß der kalten Luft in den untern Theilen Statt findet. Die maxima müssen da liegen, wo sich beide Ströme östlich und westlich begegnen.)

Ausser dieser durch die Sonne bewirkten täglichen Variation des Barometers findet nach La Place noch eine andere Einwirkung von Sonne und Mond auf die Atmosphäre Statt, und zwar 1) durch die unmittelbare Anziehung jener Weltkörper auf die Luft 2) durch die Ebbe und Fluth des Weltmeeres, wodurch die Atmosphäre eine veränderliche Basis erhält, welche auf ihren Stand zurückwirkt. Bey dieser atmosphärischen Ebbe und Fluth ist der Mond der wirksamere Körper, indessen beträgt sein Einfluß auf den Barometerstand, nach

La Place nur $1/18$ Millimeter, und ist also bey einzelnen Beobachtungen gar nicht wahrnehmbar. Diese Größe wurde aus 4752 Beobachtungen, welche zu Paris in den Jahren 1815 — 23 Morgens 9 Uhr und nach Mittag's 3 Uhr angestellt wurden, hergeleitet.

Die kleinsten jährlichen Veränderungen des Barometers finden unter dem Aequator Statt, sie wachsen mit der geographischen Breite, wovon der Grund in der sich mehr gleichbleibenden mittlern Temperatur der heißen Zone lieget.

(Der höchste hier in Gießen am 8ten Febr. 1821 beobachtete Barometerstand betrug 28 Z. 7 Linien, der tiefste am 26ten Oct. 1820 26 Zoll 10 Linien, also der größte Unterschied 1 Zoll 9 Linien, und das Mittel von den beiden äussersten Werthen 27 Zoll 8,5 Linien.

Nachdem vorstehendes geschrieben war, wurde am 20 Oct. 1825 Morgens 9 Uhr noch ein tieferer Barometerstand = 26 Z. 8 Linien hier in Gießen beobachtet.

Mariottisches Gesetz.

§. 83.

Wenn Luft, welche einen bestimmten Raum einnimmt und eine gewisse Spannkraft besitzt, in den halben, dritten, vierten Theil des Raumes zusammengepresset wird, so wird ihre Spannkraft zwei, drei, viermahl größer, und umgekehret wenn die Luft sich in den 2, 3, 4fachen Raum ausdehnet, so wird ihre Spannkraft zwei, drei viermal kleiner. (Hierbey wird vorausgesetzt, daß keine Temperaturveränderung Statt gefunden, oder alles wieder auf die anfängliche Temperatur zurückgekommen sey.) Dieß ist das von seinem Erfinder Mariotte benannte mariottische Gesetz. Es lässet sich durch folgende Erfahrungen rechtfertigen. Man nehme eine doppelt gebogene Glasröhre, von der Gestalt Fig. 76, das eine Ende a sey zugeschmolzen, das andere bey f offen. Der kürzere oben verschlossene Schenkel der Röhre b a soll durchaus von gleicher Weite

seyn; man kann ihn der Bequemlichkeit wegen im Voraus in Räume eintheilen, die sich wie $\frac{1}{2}$ ab, $\frac{1}{4}$ ab, u. s. w. verhalten. Hat man sich versichert, daß die in der Röhre eingeschlossene Luft trocken sey, und bringt dann durch die Oeffnung f zuerst so viel Quecksilber in die Röhre, daß davon der horizontale Theil der Röhre bf angefüllet werde, so hat nun die in ab eingeschlossene Luft dieselbe Dichte und Spannkraft als die äussere atmospärische Luft, vorausgesetzt, daß keine Temperaturveränderung vorgegangen sey. Gießt man darauf in den offenen Theil der Röhre nach und nach so viel Quecksilber, bis die in dem verschlossenen Schenkel ba ansteigende Quecksilbersäule die Luft in den halben Raum zusammengepresset hat, so wird man finden, daß die über der horizontalen Linie do stehende Quecksilbersäule de in dem offenen Schenkel gerade so groß als der Barometerstand ist. Es träget also die in ao enthaltene Luft den doppelten Druck der Atmosphäre, und ist in dem halben Raum zusammen gepresset. Eben so wird die Luft, wenn sie in dem Schenkel ba bis zum 4ten Theil zusammengepresset worden ist, eine Quecksilbersäule gf tragen, welche dem 3fachen Barometerstand gleich kommt u. s. w.

Um das Gesetz auch für die Verdünnungen der Luft zu prüfen, verfahre man wie folgt. Man nehme eine durchaus gleichweite Glasröhre, welche die Länge von 28 Zollen übertrifft, schmelze sie an einem Ende zu, fülle sie dann mit Quecksilber, und schaffe durch Erwärmung (am besten durch Auskochung) des Quecksilbers alle Luft aus den Zwischenräumen fort, nehme dann an dem obern offnen Ende der Röhre eine bestimmte Menge Quecksilber heraus, z. B. die Länge eines Zolles, verschliesse hierauf

die Oeffnung mit dem Finger, und bringe die Röhre schnell in umgekehrter Lage mit der Oeffnung unter das Quecksilber der Schaale B Fig. 77. Die Luft wird in der Röhre ansteigen und in den Raum do über das Quecksilber tretten, hier sich ausbreiten und in demselben Verhältniß an Spannkraft verlieren; mit der ihr übrigbleibenden Spannkraft drückt sie indessen auf das Quecksilber in der Röhre und macht, daß dieses bey o tiefer steht, als der Barometerstand ab. Man messe den Unterschied bc, so wie den Raum der Luft do = R, und den Raum welchen sie anfänglich einnahm = r, als sie noch unter dem Druck der Atmosphäre stand, und sage nun nach dem mariottischen Gesetz

$$R : r = ab : bo$$

trifft das so berechnete bo mit dem beobachteten überein, so ist dadurch jenes Gesetz gerechfertiget.

Wie weit das mariottische Gesetz gelten könne, ist unbekannt. Daß es nicht ins Unendliche gelte, erhellet von selbst, denn sonst müßte auf der einen Seite unsre Atmosphäre sich ins Unendliche erstrecken (welches den astronomischen Beobachtungen über die Strahlenbrechung widerspricht), andern Theils müßte die Luft sich zu jedem gegebenen Grade verdichten lassen, was wieder sehr unwahrscheinlich ist. Um so mehr, da die neueren Beobachtungen beweißen, daß mehrere Luftarten sich durch einen bestimmten Druck in tropfbare Flüssigkeiten verwandeln.

Die unmittelbaren Erfahrungen bewährten bisher das mariottische Gesetz bis zum 8fachen Druck der Atmosphäre. Wie weit es bey Verdünnungen gelte, habe ich durch eigne Versuche nach Art der oben beschriebenen auszumitteln gesucht, indem ich dazu eine gegen 90 pariser Zoll lange Glasröhre gebrauchte.

Bey einem meiner Versuche betrug der oben eingeschlossene

Raum der Luft unter dem Druck der Atmosphäre = 27,65 Barometerstand, 0,543 Zolle. Bey umgewendeter Röhre nahm die Luft in dem verdünnten Zustande einen Raum von 61,05 Zollen ein, und der Unterschied zwischen dem Stand des Quecksilbers in der Röhre und dem Barometerstande betrug 0,246 Zoll. Setzt man nach dem mariottischen Gesetz die Proportion an 61,05 : 0,543 = 27,65 : x, so erhält man für x genau die Größe 0,246 (wohl nur ein glücklicher Zufall!). Die Verdünnung der Luft war bey diesem Versuch etwas über 112fach. Bey einem andern Versuch fand sich zwischen der Rechnung und der Beobachtung ein bis zu $1/_{16}$ gehender Unterschied.

§. 84.

Die Entdeckung des mariottischen Gesetzes hat zu der wichtigen Bestimmung der Höhen durch das Barometer geführet. Da nach Biot und Gay Lüssac's Bestimmungen durch die Luftpumpe (siehe unten §. 106) die Luft 10495 Mahl leichter als das Quecksilber bey 28″ Barometerstand und der Temperatur der Eiskälte ist, so würde man, wäre die Dichte der Luft nicht mit dem Barometerstande und der Temperatur veränderlich, aus den gleichzeitig beobachteten Barometerständen zweier nicht allzuweit aus einander liegenden Orte, die relative Erhebung der Orte übereinander finden, wenn man den Unterschied der Barometerstände mit 10495 multipliciret. Hiernach würde zu einem Zoll Unterschied der Barometerstände eine Höhe von 865 pariser Fuß oder zu einer Linie Quecksilberfall eine Höhe von 72 Fuß gehören. Bemerken wir aber, daß das von Biot angegebene Gewicht der Luft sich auf eine völlig trockne Luft bezieht, und daß die Feuchtigkeit, von welcher die Atmosphäre nie frei ist, das specifische Gewicht der Luft etwas vermindert. Wiederholte sorgfältige Beobachtungen gaben für einen mittlere Wärme von 10° R und einen

mittlern Feuchtigkeitszustand, folgende zu einer Linie Quecksilberfall zusammengehörige Höhen der Luftsäulen

Barometerstand	Höhe der Luftsäule die 1''' Quecksilber bey 1,0° Temp. entspricht
28'' — 27''	77,89 par. Fuß
27'' — 26''	80,82
26'' — 25''	84,00
25'' — 24''	87,43
24'' — 23''	91,15
23'' — 22''	95,20
22'' — 21''	99,63
21'' — 20''	104,49

Hiernach lässet sich die Höhe zweier Orte übereinander berechnen, an welchen man gleichzeitige Barometerbeobachtungen angestellet hat. Z. B. Es seyen die beiden Barometerstände 27'' — 9''' und 26'' 5''' gewesen, wie groß ist der dazu gehörige Höhenunterschied? Antwort = 9 × 77,89 + 7 × 80,82 = 1266,55 par. Fuß. Wäre die mittlere Temperatur zwischen den beiden Beobachtungsorten nicht = 0 gewesen, so bemerke man: für jeden Grad der 80 theiligen Thermometerscale über 0° muß die gefundne Höhe nach Delüc um $1/_{215}$

nach La Place um $1/_{200}$

nach meiner Beobacht. um $1/_{207}$ vermehret werden.

Die vorgetragne Methode, die Höhen durch das Barometer zu messen, ist nur annäherungsweise wahr, indem sich die Dichte der Luft von unten nach oben durch unendlich kleine Stufen vermindert und so die zu einerlei Quecksilberfall gehörige Höhe vermehret.

Nennt man b den Barometerstand an dem untern Beobachtungsorte, b' an dem obern, und die zu einer unendlich kleinen Höhe gehörige Aenderung des Barometerstandes unten db, oben db' so hat man nach dem mariottischen Gesetz $\frac{db}{b} = \frac{db'}{b'}$, hieraus folgt nach mathematischen Gründen,

daß die Unterschiede der Logarithmen der Barometerstände sich wie die Unterschiede der Höhen verhalten. Hiernach ergiebt sich die Formel h. = C . (log b — log b'), für die Temperatur der Eiskälte. In der Bestimmung des Coefficienten C und in der wegen der Ausdehnung der Luft durch die Wärme anzubringenden Verbesserung, weichen die Naturforscher noch etwas von einander ab. Folgendes sind jetzt zwei am häufigsten gebraucht werdenden Formeln

$$h = 56448 [1 + \frac{1}{2}(t + t') 0{,}005] \log \frac{b}{b'}$$ n. Ramond u. La Place

$$h = 56526 [1 + \frac{1}{2}(t + t') 0{,}005] \log \frac{b}{b'}$$ nach D'Aubuisson

Hier wird h in pariser Fußen t und t' d. i. die untere und obere Lufttemperatur nach der 80theiligen Scale gelesen, b, b' sind die auf einerlei Temperatur zurückgekehrten Barometerstände (§. 81). Der Coefficient in den vorstehenden Formeln gilt eigentlich nur für 45° geographische Breite; er nimmt wegen der veränderlichen Schwerkraft, wie La Place gezeigt hat, mit zunehmender Breite ab, und mit abnehmender zu, für 10° ungefähr nur ein Tausendtheil. So nach würde der Coefficient in d'Aubuissons Formel für 50° Breite nur 56470 seyn.

Delüc, welcher die Lehre von der Höhenmessung mit dem Barometer zuerst practisch verbessert hat, gab für + 16¾° R die Formel h = 10000 (log b — log b') wo h in französischen Toisen gelesen wird; die gefundne Höhe wird um $\frac{n}{215}$ vermehret oder vermindert, wenn die mittlere Lufttemperatur um n Grade über oder unter 16¾° R beträget.

Nach meinen Beobachtungen finde ich, auf ähnliche Weise ausgedruckt $h = 10000 (\log b - \log b') \left(1 \pm \frac{n}{207}\right)$ wo man unter n den Unterschied von 13,8° R in der mittlern Lufttemperatur verstehen muß. Bringt man Delüc's und meine Formel auf die Temperatur der Eiskälte und pariser Fuße zurück, so lassen sie sich wie folgt schreiben

$$h = 55326 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{(t + t')}{215}\right] \log \frac{b}{b'}$$ nach Delüc

$$h = 56262 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{(t + t')}{207}\right] \log \frac{b}{b'}$$ nach Schmidt

welches zur Vergleichung der angeführten Formeln unter einander dienet.

Berechnen wir das oben angegebene Exempel, so erhalten wir h = 1237, p. Fuß nach Delüc
= 1266,6 — nach Schmidt
= 1269, — nach d'Aubuisson.

Für die Ausübung dienen folgende Bemerkungen: die Barometerbeobachtungen müssen so viel möglich gleichzeitig und mit völlig harmonirenden, oder wenigstens untereinander verglichenen Werkzeugen angestellt werden. Man muß für die Beobachtung so viel thunlich heitere beständige Witterung auswählen, die Morgen- und Abendstunde vermeiden. Es ist gut das Barometer nicht eher zu beobachten, als bis das Quecksilber in demselben wenigstens nahe zur Temperatur der umgebenden Luft gekommen ist. Die Temperatur des Quecksilbers wird an einem neben dem Barometer befestigten Thermometer beobachtet, die Temperatur der Luft hingegen an einem frei im Schatten aufgehängten Thermometer. Kann man keine gleichzeitigen Beobachtungen erhalten, so nehme man für b, b', t, t' die mittlern Barometer- und Thermometerstände zweier Beobachtungsorte, und verfahre was die Berechnung betrifft wie oben.

Auf Dr. Poggendorf's Betrieb wurden im Jahre 1823 an mehreren Puncten Deutschlands und der Seeküste gleichzeitige Barometerbeobachtungen angestellt.

Aus den vor mir liegenden Poggendorfischen zu Cuxhaven vom 20ten Junius bis zum 20ten Julius 1823 angestellten Beobachtungen und meinen gleichzeitigen hier angestellten Beobachtungen ziehe ich folgendes Mittel.

	Bar.	therm. —	th. in der Luft Reaum
Giessen	27″ . 7‴,635	+ 14°,8	+ 13°,868
Cuxhaven	28″ . 0,918	+ 14,66	+ 13,72

Hieraus berechne ich nach meiner Formel die Erhebung von Gießen über dem Meere 414,66 pariser Fuß. Da nun das Barometer Curhaven 19 Fuß über dem mittlern Wasserstand des Meeres, in Gießen 28 Fuß über dem Spiegel der Lahn beobachtet wurde, so gehen von jener Höhe 9 Fuß ab, um die Höhe des Lahnspiegels bey Gießen dem Meere = 405,66 par. Fuß zu finden.

§. 85.

Nach der Erfindung des Barometers durch Toricelli kam die so wichtige Entdeckung der Luftpumpe durch Otto Guerike. Die mancherlei Einrichtungen und Verbesserungen dieses Werkzeuges seit seiner ersten Erfindung können hier nicht erwähnt werden; nur die wesentlichsten Theile einer gut eingerichteten Luftpumpe sollen kurz beschrieben werden.

1) Hahnen-Luftpumpen.

Der Haupttheil einer jeden Luftpumpe ist ein hohler vollkommen cylindrisch ausgearbeiteter Körper von Metall AB Fig. 80, der Stiefel genannt, in demselben bewegt sich ein massiver Cylinder, der Kolben C luftdicht auf und nieder. Um dieß zu bewerkstelligen, muß der mittlere Theil des Kolbens aus elastischen in Oehl getränkten Lederscheiben bestehen, welche durch zwei Metallstücke, von oben und unten, die durch eine Schraube mit einander verbunden sind, zusammengepresset werden. An dem Kolben befindet sich die Kolbenstange, welche so weit der Kolbenhub es erfordert, gezähnet ist, und oben durch ein mit einer Kurbel versehnes Räderwerk auf und nieder getrieben werden kann. Der untere Theil des Kolbens (hier abgerundet) muß genau mit dem untern Theil des Stiefels zusammenpassen, damit keine Luft zwischen beiden sich aufhalten kann, wenn der Kolben ganz nieder getrieben wird.

Dicht unter dem Boden des Stiefels befindet sich ein doppelt durchbohrter Hahn E. Die eine Durchbohrung geht quer durch gerade nach unten, und verbindet den Raum des Stiefels durch die Röhre GHJ mit dem Teller der Luftpumpe, auf welchem die Glocke luftdicht aufsitzt. Die zweite Durchbohrung des Hahnes geht erst horizontal nach der Axe desselben und dann gebogen unter einem rechten

Winkel mit der vorigen seitwärts; giebt man daher dem Hahnen mittelst der Stange F eine Viertheilswendung, so kommt der Stiefel mit der Atmosphäre in Verbindung, dagegen wird derselbe von der Glocke abgeschlossen. Die Bewegung des Hahn's E mit der Stange F, kann entweder durch eine besondere Kurbel, oder auch durch diejenige, welche den Kolben treibt, mittelst eines eignen Mechanismus, erhalten werden. Der Teller J muß sowohl wie der Rand der Glasglocke, eben abgeschliffen seyn, damit beide luftdicht auf einander passen; zur Vorsicht bringt man etwas Oehl dazwischen. R ist ein zweiter kleinerer Teller, welcher durch einen Hahn L besonders abgeschlossen werden kann. Er dienet zu Versuchen, welche längere Zeit dauern, und zu solchen, wo man die Luft unter der Glocke verdichten will. In welchem Fall man eine Schraubenklamme so an dem Teller anbringen kann, um damit die Glocke auf dem Teller festzuhalten. Statt des Tellers K können auch andere Gefäse, oder die Elasticitätsprobe aufgeschraubt werden.

Dieß sind die wesentlichsten Stücke einer guten Hahnenluftpumpe. Zur leichtern Bewegung des Kolbens dienet, wenn der Stiefel bey A verschlossen ist, und blos die Kolbenstange, deren unterer Theil dann cylindrisch seyn muß, luftdicht durch die Verschliessung geht. Befindet sich zugleich oben bey A und unten vor der Oeffnung des Hahns E, welche zur freien Luft führet, ein Ventil, so bewegt sich der Kolben im Stiefel stets in einem von Luft beynah leeren Raume, und die mechanische Kraft an der Kurbel hat blos die Reibung des Kolbens zu überwinden. Die Art wie die Luft unter der Glocke verdünnet wird ist folgende. Man gebe dem Hahn die Verbindung mit der Glocke, und ziehe den Kolben in die Höhe, drehe dann

den Hahn in die zweite Stellung nach der Atmosphäre und stosse den Kolben nieder, u. s. w.

Nennt man den Raum der Glocke $=$ a, den Raum des Kolbenhubs $=$ b, so giebt

ein Kolbenspiel eine $\left(\frac{a+b}{a}\right)$ fache

zwei Kolbenspiele ein $\left(\frac{a+b}{a}\right)^2$ fache

drei Kolbenspiele — $\left(\frac{a+b}{a}\right)^3$ fache u. s. w.

Verdünnung.

Um die Luft unter der Glocke zu verdichten, darf man nur die Stellungen des Hahns verwechseln d. i. beym Aufgang des Kolbens den Hahn nach der Atmosphäre und beym Niedergang des Kolbens nach der Glocke stellen. Die Zunahmen der Verdichtungen sind hierbey nach dem mariottischen Gesetz folgende:

1 Kolbenspiel $\frac{a+b}{a}$ fache Verdichtung

2 Kolbenspiele $\frac{a+2b}{a}$ — —

3 Kolbenspiele $\frac{a+3b}{a}$ — —

Es sey z. B. b $=$ a so erhält man für die

	Verdünnung	—	Verdichtung nach
1 Kolbenspiel	½		2
2 —	¼	—	3
3 —	⅛	—	4

u. s. w.

2tens Ventil. Luftpumpen.

Hier bleibt alles wie bey den vorhin beschriebenen

Hahn-Luftpumpen, nur wird statt des Hahns ein Ventil in der Bodenplatte des Stiefels, und ein zweites Ventil in dem Kolben selbst angebracht. Das erste Ventil öffnet sich von der Seite der Glocke her nach dem innern des Stiefels, das zweite von dem innern des Stiefels und Kolbens nach der Atmosphäre. Diese beiden Ventile sind wesentlich erforderlich. Uebrigens kann noch ein 3tes oben bey A angebracht werden, wenn der Stiefel zur leichtern Bewegung des Kolbens verschlossen ist. Die Einrichtung dieser Ventile ist gewöhnlich folgende.

Es bezeichne A Fig. 81 den untern Theil das ist die Bodenplatte des Stiefels oder des Kolbens; sie ist bey d c e unter einem rechten Winkel durchbohret, welcher Canal von d aus nach dem Teller der Luftpumpe führet, über den etwas erhabenen Theil a b der Bodenplatte ist eine elastische Blase oder Stückchen Wachstaffet stramm angespannt, so daß es die Oeffnung e verschliesset, jedoch vermöge seiner Elasticität einem Druck in der Richtung c e nachgiebt. Der untere Theil des Kolbens muß genau die Gestalt der Bodenplatte haben, damit er sich genau anschliesse. Das Ventil in dem Kolben hat dieselbe Einrichtung; man denke sich den Kolben aus zwei Theilen A und B Fig. 81 zusammengesetzt, welche bey a b soviel Zwischenraum gestatten, daß sich das Blasenventil durch den Druck der Luft von unten nach oben heben kann. Die Durchbohrung des untern Theils des Kolbens geht gerade nach e c g, die Durchbohrung des obern Theiles etwas schief nach f, damit man in der Mitte die Kolbenstange anschrauben könne. Zieht man bey dieser Einrichtung den Kolben in die Höhe, so stößt die Elasticität der Luft in der Glocke das Bodenventil des Stiefels auf und folgt dem Kolben, geht dagegen der Kolben nieder, so hebt sich das Kolbenventil, und die

Luft in dem Stiefel tritt über den Kolben, entweder unmittelbar, oder durch das dritte Ventil bey A Fig. 80 in die Atmosphäre.

Von den Einrichtungen solcher Luftpumpen, wie die Cuthbersonsche, wo die Ventile durch den Mechanismus des Kolbenhub's selbst geöffnet und geschlossen werden, wird in den Vorlesungen geredet.

Auch bey den Hahnenluftpumpen lässet sich die Drehung des Hahn's durch die Bewegung der Kolbenstange erhalten.

Herr Hofmechanicus Rösler hat zu einer für das Großherzogliche physicalische Cabinet zu Darmstadt gelieferten Hahnenluftpumpe, woran der Kolben 4 Zoll 2 Linien Durchmesser, und der Stiefel eine Höhe von 27 Zoll hat, eine solche Vorrichtung geliefert, deren wesentlichsten Theile das Folgende angiebt. Man sehe Fig. 80 *.

An dem Hahne ist ein gezähntes Rad A befestiget, in welches einer der Schenkel der Stange B eingreift. Diese Stange geht oben und unten durch geschlossene Hülsen. Die untern Hülsen stehen auf einer Platte C, welche sich um etwas verschieben lässet, um nach Erforderniß den einen oder den andern Schenkel der Stange in das Rad eingreifen zu lassen. An dem Ende der Kurbelaxe, wodurch der Kolben in Bewegung gesetzt wird, ist eine messingne Scheibe D befestiget, woran auf jeder Fläche zwei bewegliche stählerne Hebelchen sind, welche sich nach einer Seite zurücklegen, nach der andern aber wider einen Stift anlegen, und, wie in der Zeichnung, stehen bleiben. An dem obern Theil der Stange B ist auf jeder Seite ein kleiner Ansatz e und b, woran sich die Hebelchen anlegen und die Stange beym Umdrehen der Kurbel auf oder niederwärts schieben. Diese Verschiebung ist so groß, daß dadurch eine Viertelsumdrehung des Hahns hervorgebracht wird.

Die Kolbenstange hat einen toden Gang, damit sie sich bey Umdrehung der Kurbel etwa einen Zoll lang allein verschiebe, ehe sie den Kolben fasset. Dieser tode Gang ist deshalb nöthig, damit gleich bey dem ersten Umdrehen der Kurbel der Hahn geöffnet, oder geschlossen werde, ehe der Kolben seine Stelle verläßt. Angenommen der Kolben sitze auf dem Boden des Stiefels, so steht die Vorrichtung zur Hahnenbewegung wie in der Zeichnung. Gleich beym ersten Anfang der Kurbelbewegung greift eines der beiden vordern Hebelchen den Ansatz

b, hebt die Stange B und wendet den Hahn um $1/4$ Umgang, wodurch die Verbindung mit dem Innern der Luftpumpe hergestellet wird. Die auf der hintern Seite der Scheibe befindlichen Hebelchen legen sich auf diesem Wege zurück so oft sie den Ansatz e berühren. Wird die Kurbel rückwärts gedreht, um den Kolben herunter zu winden, so schiebt das erste Hebelchen der hintern Fläche, welches den Ansatz e trifft, die Stange herunter und schliesset den Hahn gegen das Innere ab, öffnet ihn aber nach der Atmosphäre. Bey dieser Bewegung legen sich die auf der vordern Fläche befindlichen Hebelchen zurück, wenn sie den Ansatz b berühren. Gegenwärtige Stellung gilt beym Evacuiren; will man Condensiren, so verschiebt man die Platte C und lässet den andern Schenkel der Stange in das Rad eingreifen, wodurch denn der Hahn auf die entgegengesetzte Seite gedreht wird.

Eine Pumpe, welche blos zum Verdichten der Luft dienen soll, kann einfacher eingerichtet werden.

Eine cylindrische Röhre, in welcher sich ein Kolben luftdicht bewegt, unten mit einem nach aussen sich öffnenden Ventil und einer Schraube, oben, seitwärts unter dem höchsten Stand des Kolbens mit einem Luftloch versehen, reicht hin. Man schraubt das Gefäs, worin die Luft verdichtet werden soll, unter das Ventil an die Röhre, zieht den Kolben in der Röhre bis über das Luftloch in die Höhe, und stoßet ihn dann wieder nieder. Dieß wiederholet man so oft, bis der Widerstand der verdichteten Luft mit der Kraft, welche den Kolben treibt, ins Gleichgewicht gekommen ist.

Da durch eine plötzliche Verdichtung der Luft eine große Menge von Wärme frei wird, welche die Spannkraft der Luft gleichfalls erhöhet, so muß man bey starken Verdichtungen langsam und mit der nöthigen Vorsicht verfahren, damit die verdichtete Luft sich wieder abkühle und die Gefäße nicht zersprengt werden.

§. 85.

Um die verdünnende oder verdichtende Kraft einer Luftpumpe zu messen, bedienet man sich gewöhnlich der Elasticitäts- oder Barometerprobe

1) Der Verdünnungsmesser.

Eine doppelt gekrümmte Glasröhre abcd Fig. 82

kann bey d auf die Luftpumpe geschraubt werden. Der Theil b a der Röhre, welcher oben bey a hermetisch verschlossen ist, muß mit Quecksilber gefüllet und durch Auskochen gehörig von Luft befreiet worden seyn. Ist nun die Luft in dem Theil f c d und dem Innern der Luftpumpe so weit verdünnet worden, daß sie das Gewicht der Quecksilbersäule b a nicht mehr tragen kann, so sinkt das Quecksilber von a an herab nach e und steiget dagegen von b nach f in die Höhe. Misset man den Unterschied des Quecksilberstandes f e, und dividiret denselben in den Barometerstand, so giebt der Quotient an, wie viel mahl die Luft verdünnet worden ist; vorausgesetzt, daß sich unter der Glocke der Luftpumpe keine fremdartigen Dünste befinden, welche die Spannkraft der Luft vermehren, und daß die Temperatur der Luft Innen und aussen gleich sey. Um die Wirkung der feuchten Dünste aus dem innern der Luftpumpe wegzuschaffen, bringt man eine Portion gut ausgeglühten salzsauren Kalk in einer kleinen Schaale von Glas oder Porcellain unter die Glocke der Luftpumpe.

2) Verdichtungsmesser.

Man nehme eine ähnlich gekrümmte Röhre wie zu dem Verdünnungsmesser, welche sich bey d auf die Luftpumpe schrauben lässet. Sollen die Verdichtungen nicht sehr weit getrieben werden, so kann der dann etwas verlängerte Schenkel der Röhre b a oben bey a offen bleiben. Man füllet den untern Theil der gekrümmten Röhre f b f mit Quecksilber an, welches in beiden Schenkeln gleich hoch steht. So wie die Luft von der Seite d her verdichtet wird, sinkt das Quecksilber in dem Schenkel c b und steigt in b a; der Unterschied der Quecksilberstände f g in beiden Schenkeln, dividiret durch den Barometerstand, giebt an, um wie viel die Luft verdichtet worden ist. Bey starken Ver-

dichtungen, die den Druck der Atmosphäre mehrmahlen übertreffen, würde der Schenkel b a zu lang und zerbrechlich werden. In diesem Fall verschliesset man, wenn man das Quecksilber eingefüllet hat, die Oeffnung a gut hermetisch. Die Röhre muß stark von Glas und in dem Theil b a gleich weit seyn.

Indem nun durch die Wirkung der Luftpumpe das Quecksilber in dem Schenkel b a in die Höhe getrieben wird, so presset sich die bey a eingeschlossene Luft zusammen und wirkt nebst dem angestiegenen Druck der Quecksilbersäule, der durch die Luftpumpe verdichteten Luft entgegen. Um die Größe der Verdichtung zu messen, dividire man den Raum a f durch den Raum a g, welchen die Luft nach der Verdichtung einnimmt, multiplicire den Quotienten mit dem Barometerstand, addire hierzu die Höhe der Quecksilbersäule h g, und dividire die Summe wieder durch den Barometerstand, so zeigt die herauskommende Zahl die Größe der Verdichtung an. Z. B. Es sey $\frac{af}{ag} = 4$, $hg = 7$ Zoll, der Barometerstand $= 28$ Zoll, so ist die Verdichtung $= \frac{4 \cdot 28 + 7}{28} = 4\frac{1}{4}$.

Bringt man in die Krümmung bey b nur einen Quecksilbertropfen; dessen Gewicht beym Ansteigen bis g vernachlässiget werden darf, so giebt der Quotient $\frac{ag}{ab}$ die Verdichtung an.

Von Smeatons Birnprobe, welche dazu dienen soll, die Verdünnung der Luft, mit Ausschluß der durch die Dämpfe erzeugten Spannung zu messen, in den Vorlesungen. Der Gebrauch dieses Werkzeugs ist etwas umständlich und erfordert mancherlei Vorsichten, wenn die Angabe desselben genau ausfallen soll.

§. 86.

Die Luftpumpe bietet uns die Mittel dar, die von der

Schwere und Elasticität der Luft herrührenden Erscheinungen auf das vollständigste zu erläutern. Einige der vorzüglichsten hierher gehörigen Versuche sind folgende.

Eine cylindrische, oben kugelartig gekrümmte Glocke wird auf den Teller der Luftpumpe, wenn die Luft unter ihr verdünnet worden ist, durch den Druck der Atmosphäre mit einer großen Kraft angepresset, und kann nicht weggenommen werden, bevor man wieder Luft unter die Glocke gelassen hat.

1) Eine kleine Glocke kann neben der Oeffnung des Tellers der Luftpumpe (siehe Fig. 83) durch den Druck der Luft an gepresset werden, wenn man sie an einem Drath, der luftdicht durch die Fassung einer größern Glocke geht, aufhängt, die größere Glocke, wie die Figur zeigt, auf den Teller setzt und die Luft auspumpt, dann mittelst des Drathes die kleinere Glocke an den Teller drückt, und Luft unter die größere Glocke zulässet, darauf kann man die größere Glocke wegnehmen, und die kleine haftet fest; will man sie los haben, so muß man dasselbe Verfahren in umgekehrter Ordnung anwenden.

2) Die guerickschen Halbkugeln. Man nehme zwey hohle mit ihren Ränden auf einander geschliffene Halbkugeln, unten mit einem Hahnen versehen, den man auf die Luftpumpe schrauben kann, evacuire die Luft, schraube dann nach vorher verschlossenem Hahne die vereinigten Halbkugeln ab, schraube an den entgegengesetzten Enden derselben zwei Haken an und versuche sie von einander zu reißen. Dieß vermögen, wenn die Halbkugeln groß genug sind, zwei Menschen ja selbst Pferde nicht. Der Druck der Luft auf die Halbkugeln lässet sich nach §. 99 berechnen.

Es sey der Durchmesser der Halbkugeln = 10 pariser

Zolle, also die größte Kreißfläche = 78,54 Zolle, und der Luftdruck auf dieselbe = 15,5 × 78,5 Pfund = 1208,9 Pf., wenn die Kugeln völlig von Luft entleeret worden wären, und ein Barometerstand von 28 Zoll Statt fände. Ersteres tritt nicht ein, wir wollen annehmen, die Barometerprobe habe bey der Verdünnung ½ Zoll gestanden, so geht von jenem Druck $\frac{1}{56}$ ab, und es bleibt Ueberschuß an Druck von aussen = 1187 Pfund. Der Luftdruck auf die ganze Oberfläche einer Halbkugel ist zwar doppelt so groß, als ihn jene Rechnung giebt; wenn man aber die Kugeln aus einander zu ziehen trachtet, so hat man nur denjenigen Theil des Drucks zu überwinden, welcher auf die Basis der Halbkugeln senkrecht gerichtet ist. Ebenso berechnet man die Kraft, mit welcher eine Glocke auf dem Teller der Luftpumpe haftet; hier kommt nur der wagrechte Querschnitt der Glocke, dessen Rand mit dem Teller in Berührung ist, in Anschlag.

3) Man nehme einen an beiden Enden offnen mit abgeschliffnem Rande versehenen Cylinder, setze ihn auf den Teller der Luftpumpe, und binde über die obere Oeffnung desselben eine dünne Blase; pumpt man die Luft schnell aus, so wird die Blase durch den Druck der äussern Luft mit einem Knall zersprengt. Legt man auf den obern Rand des Cylinders eine luftdicht passende dünne Glastafel, so wird dieselbe ebenfalls durch den Druck der Luft zersprengt. (Hierbey ist Vorsicht nöthig.) Bringt man die mit etwas Fett bestrichne flache Hand auf den obern Rand des Cylinders und pumpt langsam aus, so wird der innere Theil der Hand nach dem leeren Raum hin ausgedehnt, und man empfindet Spannung in den Blutgefäsen, läutert die Wirkung der Schröpfköpfe.

Das Manometer unter der Glocke der Luftpumpe.

Man bringe an einer kleinen aber empfindlichen Wage eine hohle hermetisch verschlossene etwas große aber leichte Glaskugel mit einem möglichst kleinen aber schweren Gegengewicht ins Gleichgewicht, setze den Apparat unter die Glocke der Luftpumpe und evacuire. Sobald die Luft hinlänglich verdünnt wird, sinkt der Theil des Wagebalkens, an welchem die Glaskugel hängt, nieder, und kommt wieder ins Gleichgewicht, wenn man die Luft zulässet. Dieser Versuch beweißt, daß ein jeder Körper so viel an Gewicht verlieret, als die Luft wieget, welche er aus der Stelle treibt.

Hierauf gründete Otto Guericke seinen Manometer oder Dichtigkeitsmesser; ein ganz ähnlicher Apparat nur nach größern Abmessungen. Wenn die hohle Glaskugel, bey einem gewissen Barometerstand und Temperatur mit dem kleinen Gegengewicht ins Gleichgewicht gebracht worden ist, so wird dieß Gleichgewicht gestöret, so bald sich die Dichte der Luft aus irgend einer Ursache verändert; die Kugel sinkt bey abnehmender und steigt bey zunehmender Dichte der Luft. Die Gewichte, welche zur Herstellung des Gleichgewichts erforderlich sind, geben die Unterschiede der Luftgewichte eines Raumes an, welcher dem Unterschied des Raumes der Kugel und dem Gegengewicht gleich ist. Was ist schwerer, ein Pfund Bley oder Federn, beide in der Luft abgewogen? Am beßten beweißet die Schwere der Luft der Versuch, wodurch man ihr specifisches Gewicht bestimmt hat. Dieß verdienet eine nähere Betrachtung.

§. 87.

Man nehme eine hohle Glaskugel, deren innerer Raum wenigstens 1/8 Cubikfuß beträget, und versehe sie mit einer messingenen Fassung, in welche sich ein Hahn schrauben läs-

set, der selbst wieder auf die Oeffnung der Luftpumpe geschraubt werden kann. Der ganze Apparat muß luftdicht, übrigens so leicht als möglich gearbeitet werden. Den körperlichen Inhalt der Kugel bestimmt man am sichersten durch das Gewicht von reinem Regen- oder destillirten Wasser, das sie unter einer bestimmten Temperatur fasset. Aus dem bekannten absoluten und specifischen Gewichte des Wassers lässet sich der Raum der Kugel bey der beobachteten Temperatur nach §. 93 berechnen. Jetzt trockne man die Kugel auf das Vollkommenste aus, welches am beßten durch Erwärmung und Einblasen von trockner Luft, zuletzt durch Einbringung von geglühtem salzsauren Kalk geschieht. Wenn die Kugel trocken und mit Luft von der Dichte der atmosphärischen angefüllet ist, so wiege man sie genau, nachdem man vorher den Stand des Thermometers, Barometers und Hygrometers beobachtet hat. (Es ist gut den Versuch zu einer Zeit anzustellen, wo die Temperatur nur wenig oder gar nicht von derjenigen verschieden ist, bey welcher man das Abwiegen mit Wasser vorgenommen hat, weil dann die Ausdehnung des Gefäßes durch die Wärme nicht in Rechnung zu nehmen ist.) Nun schraube man die Kugel auf die Luftpumpe, evacuire sie so gut als möglich, beobachte die Elasticitäts-Probe, und bestimme abermals ihr Gewicht. Der Unterschied von dem vorigen Gewicht giebt das Gewicht der weggepumpten Luft an. Vermehret man dieses Gewicht um den sovielten Theil als der Quotient des Standes der Elasticitätsprobe und des Barometers anzeigt, so erhält man das Gewicht der Luft, welche die Kugel unter der gegebenen Temperatur und dem beobachteten Barometerstande fasset. Dividiret man dieses [Ge]wicht durch das früher gefundne Gewicht von Wasser, [das] die Kugel bey gleicher Temperatur fasset, so erhält

man das specifische Gewicht der Luft in Beziehung auf das Wasser; dividiret man jenes Gewicht durch den körperlichen Raum der Kugel, so erhält man das Gewicht eines Cubikzolles oder Cubikfußes Luft.

Will man dieses Gewicht für einen andern Barometerstand finden, so bemerke man, daß die Dichten der Luft, also auch ihre Gewichte sich wie die Barometerstände und verkehret wie die Ausdehnungen durch die Wärme verhalten. Es beträget aber letztere bey der Luft für einen Grad des 100theiligen Thermometers 0,00375 Theile des Raums bey der Eiskälte. Hätte man also das Gewicht der Luft p bey einem Barometerstand = b einer Temperatur = t gefunden, und man wollte wissen, wie groß ist es bey der Temperatur der Eiskälte und einem Barometerstand von 28 Zollen, so sage man

$$\frac{b}{1 + 0{,}00375t} : 28 = p : x, \text{ dieß giebt}$$

$$x = \frac{p \cdot 28 \cdot 1 + 0{,}00575t}{b}.$$

Biot, Arrago und Gay Lüssac haben das Gewicht der atmosphärischen Luft, so wie mehrerer künstlichen Gasarten mit aller Vorsicht bestimmt. Sie fanden die atmosphärische Luft bey 28″ Barometerstand, und der Temperatur der Eiskälte 77174 Mahl leichter als Wasser, oder 10495 Mahl leichter als Quecksilber.

Das specifische Gewicht einer künstlichen Gasart in Beziehung auf die atmosphärische Luft erhält man, wenn man den gleichen Raum bey einerlei Temperatur und Barometerstand zuerst voll Luft, dann luftleer, und endlich mit Gas angefüllet wiegt, das Gewicht der atmosphärischen Luft, dividiret in das Gewicht des Gases giebt das specifische Gewicht des Gases. Um diesen Versuch mit Bequemlichkeit anstellen zu können, dienet folgende Einrichtung der Luftpumpe: ab Fig. 84 ist eine nach der Luftpumpe führende Röhre, welche bey b durch einen Hahnen abgeschlossen werden kann, und sich bey c und d in zwei einander gegenüberstehende Schraubenöffnungen endiget.

Auf c wird der gläserne mit einem Hahn versehene Ballon, bey d eine ebenfalls mit einem Hahn versehene gut zubereitete Rinderblase, in welche man vorher das künstliche Gas eingefüllet hat, geschränkt.

Nachdem der gläserne Ballon A gehörig evacuiret worden ist, schliesset man b und öffnet den Hahn d, so strömt das Gas aus B in A, vermöge seiner eigenen Elasticität und des Drucks der Atmosphäre auf die Blase. Statt der Blase kann man sich noch besser einer unten offnen Glocke bedienen, die mit ihrer Oeffnung in dem pneumatischen Apparat steht. Dann muß man aber, wenn nach dem Einströmen des Gases aus B nach A, das Wasser oder Quecksilber in dem Gefäß B höher als aussen stehen sollte, die dadurch bewirkte Verdünnung des Gases in Rechnung nehmen.

Die specifischen Gewichte der Gasarten findet man in der §. 76 mitgetheilten Tafel der specifischen Gewichte.

§. 88.

Die nachbeschriebenen Versuche dienen zur Erläuterung der Elasticität der Luft.

Eine zugebundne Blase unter die Glocke der Luftpumpe gebracht schwillt auf, wenn man die Luft unter der Glocke auspumpt, und sinkt wieder zusammen, wie man die Luft zulässet. Schliesset man die Blase in einen Cylinder ein und beschweret sie mit Gewichten, so werden die Gewichte durch die Kraft der sich ausdehnenden Luft in der Blase gehoben, wenn unter der Glocke ein luftleerer Raum erzeuget wird.

Man mache in die harte Schaale an der Spitze eines frischen Eyes eine kleine Oeffnung, hänge darauf das Ey schwebend, die Oeffnung nach unten gekehret, unter der Glocke der Luftpumpe auf, und evacuire. Die unter der obern Wölbung des Eyes eingeschlossene Luftblase dehnt sich aus und treibt erst das Weiße, dann das Gelbe des Eyes zur Oeffnung heraus. Treibt man die Verdünnung

nicht so weit, daß die die Luftblase einschliessende Haut berstet, und lässet wieder Luft unter die Glocke zu, so tritt meistens alle Flüssigkeit bey dem Zusammenziehen der Luftblase in das Ey wieder zurück.

Man fülle eine kleine Phiole von Glas voll Wasser, stelle sie verkehrt, die Oeffnung nach unten, in ein etwas grösseres Glas, in welches man so viel Wasser gethan hat, daß die Oeffnung der Phiole unter Wasser zu stehen kommt. Stellt man diese Zurichtung unter die Glocke der Luftpumpe, und evacuiret, so wird man eine Menge Blasen überall aus dem Wasser aufsteigen sehn; diejenigen, welche sich in der Phiole bilden, steigen in die Höhe, und nehmen nach und nach den ganzen obern Raum ein, indem sie das Wasser aus der Phiole in das Glas pressen. Lässet man wieder Luft unter die Glocke zu, so höret die vorige Erscheinung sogleich auf, dagegen tritt das Wasser wieder in die Phiole zurück, jedoch bleibt in dem obern Raume eine Luftblase, das ist diejenige Luft, welche sich durch ihre Elasticität in dem leeren Raume aus den Zwischenräumen des Wassers, wo sie unter dem Druck der Luft durch die Adhäsionskraft zurückgehalten wurde, los gemacht hat. Dieser Versuch belehret uns, wie man Flüssigkeiten von der ihnen beygemischten Luft durch Auspumpen befreien könne. Auch die Zwischenräume der festen Körper sind mit Luft angefüllet, welche entweicht, wenn sie von einer andern Flüssigkeit durchdrungen werden. Dieß beweißt der folgende Versuch. Man nehme ein Stück einer gut ausgeglühten aber dann wieder an der Luft gelegnen Holzkohle, befestige es mit etwas Wachs auf dem Boden eines Glases und gieße Quecksilber darüber, bringe die Vorrichtung unter die Glocke der Luftpumpe und evauire. Man wird Luftblasen aus dem Quecksilber hervorkommen sehen; lässet man

nun nach einiger Zeit wieder Luft unter die Glocke, und nimmt die Kohle aus dem Quecksilber heraus, so wird man sie ganz mit Quecksilber durchdrungen finden.

Die Fontaine im luftleeren Raum. Man setze einen Heronsball unter die Glocke der Luftpumpe, so wie man die Luft unter der Glocke wegpumpt, fängt der Heronsball, durch die Elasticität der in ihm eingeschlossenen Luft an zu springen.

Eine Abänderung dieses Versuchs ist, wenn man einen etwas hohen mit einem Hahnen versehnen Cylinder von Glas evacuiret, dann den Cylinder, nach verschlossenem Hahn, von der Luftpumpe abschraubt, die untere Mündung des Hahns unter Wasser bringt und den Hahn öffnet; der Druck der Atmosphäre treibt dann einen Wasserstrahl in den leeren Raum des Cylinders.

Die Fontaine durch verdichtete Luft. Man bringe den Heronsball unter eine starke Glocke, welche man von aussenher auf den Teller der Luftpumpe festschrauben kann, und condensire die Luft unter der Glocke, man wird Luftblasen durch das Wasser in den Heronsball dringen sehen. Lässet man hierauf die verdichtete Luft aus der Glocke in die Atmosphäre strömen, so fängt der Heronsball durch die Spannkraft der in ihm verdichteten Luft an zu springen.

Eine Abänderung dieses Versuchs erhält man, wenn der Heronsball von Metall und oben mit einem Hahn versehen ist, der sich auf die Luftpumpe schrauben lässet. Verdichtet man nun die Luft in dem Heronsball stark, und schraubt ihn nach vorher verschlossenem Hahn von der Luftpumpe ab, öffnet darauf den Hahn in der Atmosphäre, so springt das Wasser mit einer desto größern,

aber nach und nach immer abnehmenden Geschwindigkeit heraus, je größer die Verdichtung der Luft war.

Die größte Höhe welche der Wasserstrahl erreicht beträget n mahl 32 Fuß, wenn die Verdichtung im Innern $= n + 1$ ist. Jedoch sind hier Widerstand der äussern Luft, und andere Hindernisse nicht in Anschlag gebracht.

§. 89.

Noch wollen wir kürzlich einige Versuche mit der Luftpumpe erwähnen, die sich zum Theil auf die mechanischen zum Theil auf die chemischen Eigenschaften der Luft beziehen.

1) Widerstand der Luft vermöge ihrer Trägheit.

Man befestige an dem obern Theil eines einige Fuß hohen Glascylinders in einer Klemme, die man von aussen öffnen kann, eine Pflaumfeder und einen Ducaten, evacuire die Luft, und öffne die Klemme; beide Körper werden zugleich auf den Teller der Luftpumpe niederfallen. In dem mit Luft erfüllten Cylinder bleibt die fallende Feder gegen das Goldstück zurück.

2) Die Luft pflanzt die Schwingungen tönender Körper zu unserm Ohr fort. Man setze ein kleines Schlagwerk unter die Glocke der Luftpumpe, und evacuire, je stärker die Verdünnung der Luft, desto schwächer hört man den Klang der angeschlagenen metallnen Glocke.

Ohne die Luft können die mit Lungen versehnen Thiere nicht leben. Man bringe einen Vogel, eine Maus oder dergl. kleines Thier unter die Glocke der Luftpumpe; so wie die Luft weggenommen wird, wird das Thier unruhig und stirbt unter Zuckungen wenn nicht wieder Luft zugelassen wird. Insecten und andere nicht mit Lungen versehne Thiere leben viel länger im luftverdünnten Raume.

3) Ohne Luft kann kein Feuer fortbrennen.

Eine brennende Kerze erlöscht unter den ersten Stempelzügen. Ein Feuerzeug, das durch einen Federzug von aussen losgeschlagen werden kann, giebt keinen Funken, wenn sich gleich Stückchen von Stahl losreissen. Schiesspulver kann im luftleeren Raume nur unvollkommen, Phosphor gar nicht durch Erhitzung von aussen entzündet werden.

Wärme und Electricität können durch Reibung an Körpern auch im luftleeren Raum erzeugt werden. Der stark von Luft entleerte Raum ist ein schlechter Leiter der Wärme, aber ein guter der Electricität; selbst die vollkommenste toricellische Leere ist nach Davy's Versuchen noch für die electrische Flüssigkeit durchgänglich. Der electrische Strom erscheint in dem luftverdünnten Raume mit dem schönsten Farbenspiel, und dieß wechselt mit dem stärkern Grade der Verdünnung von dem purpurröthlichen bis zum hellgrünen.

4) Ohne den Druck der Atmosphäre würden mehrere tropfbare Flüssigkeiten schon bey der gewöhnlichen Wärme der Luft zu sieden anfangen und sich in Dunst auflösen. Man bringe unter einen etwas schmahlen und hohen Recipienten eine kleine Schaale mit Wasser, welches man gegen 20° nach dem reaumürischen Thermometer erwärmt hat, und pumpe die Luft schnell aus, so bald der Elasticitätsmesser unter einen Zoll herabgesunken ist, wird das Wasser heftig aufwallen, und das Quecksilber in dem verkürzten Barometer wieder bis zu einem Zoll ansteigen. Nimmt man statt des Wassers höchst gereinigten Weingeist, so braucht man denselben nur bis zu 10° R zu erwärmen, um dieselbe Erscheinung wahrzunehmen. Rectificirte Naphta (Schwefeläther) fängt sogar schon bey der Temperatur der

Eiskälte, und selbst darunter in dem luftleeren Raum an zu sieden.

Der Grund dieser Erscheinungen wird bey der Lehre von den Dämpfen im Abschnitt von der Wärme näher entwickelt werden. Hier wollen wir nur bemerken, wenn man, nachdem die Flüssigkeit im luftleeren Raume ins Aufwallen gerathen ist, stets fortfähret zu verdünnen, so kann man nach und nach alle Flüssigkeit in Dunstgestalt aufgelöset fortpumpen. Dieses Mittels bedienen sich die Chemiker, um feuchte Körper bey einer sehr gelinden Wärme auszutrocknen. Ja man hat sogar den Technikern die Luftpumpe schon als ein Destillirapparat ohne Feuer vorgeschlagen.

Von den Bewegungen welche durch die Schwere und Elasticität der Luft in andern Körpern und der Luft selbst hervorgebracht werden.

§. 90.

Man hat sich der Elasticität und Schwere der Luft auf mancherlei Weise bedienet, um dadurch andere Körper, besonders Wasser in Bewegung zu setzen. Die für die Ausübung brauchbarsten Maschinen der Art sind der Heber und die Saugpumpe.

Der Heber ist eine an beiden Enden offne gekrümmte Röhre d b a e c Fig. 85. Man bedienet sich desselben gewöhnlich, um eine Flüssigkeit aus einem Gefäß A in ein Anderes B, durch den Druck der Luft gehoben, ausfliessen zu machen, indem man bey c mit dem Munde die Luft aus dem Heber saugt. Dieß kann nur unter folgenden Bedingungen geschehen. Der höchste Punct des Hebers, oder der Scheitel a, muß weniger über der Oberfläche der Flüssigkeit im Gefäß A erhaben liegen, als die Höhe der Flüssigkeitssäule, welche dem Druck der Atmosphäre gleich

kommt, beträget, also muß af für Quecksilber kleiner als 28 Zoll, für Wasser kleiner als 32 Fuß seyn. Denn träte diese Bedingung nicht ein, so würde, wenn auch in dem Heber ein luftleerer Raum hervorgebracht würde, die Flüssigkeit doch nicht bis zur Höhe a ansteigen, viel weniger nach B zu ausfliessen. Oder wenn man den Heber zuerst in umgekehrter Lage mit Flüssigkeit füllte, und ihn dann in die Lage der Figur brächte, so würde in beiden Schenkeln ab, ac die Flüssigkeit so weit herabsinken, bis sie mit dem Druck der Atmosphäre ins Gleichgewicht käme. (Diesen Versuch kann man leicht mit einem mit Quecksilber gefüllten Heber anstellen, wenn man vorher in die beiden Gefäse A und B etwas Quecksilber gegossen hat.)

Es ist aber nicht allein hinreichend, daß der Scheitel a des Hebers nicht zu hoch liege, sondern es muß auch der Schenkel ac tiefer herabgehen, als der andere Schenkel ab bis zur Oberfläche der Flüssigkeit in dem Gefäß A gerechnet, sonst würde abermals kein Fliessen des Hebers nach der Seite von B zu Statt finden können. Denn man denke sich den Heber gefüllt und bey bd in die Flüssigkeit getaucht; der Druck der Atmosphäre heiße = b, so geht von A aus ein Druck nach dem Heber = b — af von B aus aber ein Druck = b — ag. Ist nun ag größer als af, so ist von der Seite A her ein Uebergewicht an Druck, welches durch die Höhe fg dargestellet wird, und dieß ist die bewegende Kraft, welche das Fliessen im Heber erzeugt. Liegt also die Oeffnung c in der verlängerten bfe, so ist Gleichgewicht von beiden Seiten; lieget c höher, so fliesset die Flüssigkeit nach A zurück.

Wenn die beiden oben angegebenen Bedingungen bey dem Heber erfüllt werden, so mag übrigens die Gestalt des Hebers seyn, welche sie wolle; er leistet seine Dienste. Dieß hat

Gelegenheit dargeboten zu vielen Abänderungen und Künsteleien am Heber, die theils zu reellen Zwecken, theils zur Belustigung dienen, welche aber hier nicht alle angeführet werden können. Hierher gehören unter andern der sogenannte Vexirbecher Fig. 86.

An der Wand und, in dem Boden abcd eines Bechers ist ein Heber verborgen, dessen einer Schenkel in dem andern steckt, die höhere Oeffnung des Hebers lieget bey o, die tiefere bey m, der Scheitel bey n. Wird der Becher nur bis ef vollgegossen, so läuft nichts aus, füllet man ihn aber bis ab an, so leeret er sich durch den Heber bis auf den Boden aus. Man erkläret hieraus das periodische Fliessen mancher Quellen und Seen.

Braucht man den Heber als hydraulische Maschine im Großen, so kann er nicht wohl durch Saugen gefüllt werden. Man denke sich dann bey d, c, a Fig. 85 Hahnen angebracht; öffnet man den Hahn bey a, indessen die beiden untern geschlossen sind, so kann der Heber von oben herab mit Wasser gefüllt werden. Verschliesset man darauf den obern Hahn und öffnet die beiden untern bey d und c, so wird der Heber das Wasser von A nach B hin abfliessen machen.

Der Naturforscher bedienet sich des Hebers oft um eine Flüssigkeit von der andern zu trennen, um Gefäse mit engen Oeffnungen zu füllen oder zu leeren: zu diesem Behuf dienen besonders kleine gläserne Heber von der Gestalt Fig. 87, die feine Spitze b kommt in die enge Mündung des Gefäses, bey a sauget man, und die Kugel A nimmt die ansteigende Flüssigkeit auf. Hält man die Oeffnung a verschlossen, so kann die Flüssigkeit nicht zurückfliessen, bevor man die Luft wieder bey a zulässet.

Heber, welche durch Blasen fliessen. Ihre Einrichtung stellt Fig. 88 dar. Mit dem gewöhnlichen Heber cad, welcher bey d eine etwas enge Oeffnung hat, ist noch ein dritter Schenkel dfg verbunden. Bläset man bey g stark und schnell hinein, so wird die in dem doppelten Schenkel fda nach hydrostatischen Gesetzen angestiegne Wassersäule, durch den Stoß der Luft über a hinaus nach c zu getrieben, und dann fliesset der Heber dac fort. Es gehört etwas Uebung zur Behandlung eines solchen Hebers, der übrigens bey Flüssigkeiten gebraucht werden kann, die man nicht in den Mund bringen darf. Eine mit dem gewöhnlichen Heber verbundne Saugröhre xy Fig. 85

dienet auch hierzu, wenn man bey c zuhält, indem man bey y mit dem Mund sauget.

§. 91.

Die wesentlichsten Theile einer Saugpumpe zeiget Fig. 89. ABCD ist der hohle Cylinder oder Stiefel, in welchem der Kolben K luft- und wasserdicht auf und nieder geht; EFGH ist die sogenannte Saug- oder Steigröhre, mit ihrem untern seiheartigen Theil stets unter Wasser. An der Einmündung der Saugröhre in den Stiefel lieget ein Ventil b, welches sich bey aufgehendem Kolben nach dem Stiefel zu öffnet. Auf dem inwendig durchbohrten Kolben lieget die Klappe a, welche sich nach oben öffnet, wenn der Kolben niedergeht. Bey D ist die Ausgußröhre. Der höchste Kolbenstand AD muß über dem Wasserspiegel einige Fuß niedriger als 32 Fuß liegen, wenn die Pumpe gut wirken soll.

Das Spiel der Pumpe ist folgendes. Wenn der Kolben in die Höhe gezogen wird, so entsteht unter ihm ein luftleerer Raum. Die Atmosphäre drückt das Wasser durch die Steigröhre und das geöffnete Ventil b dem Kolben nach in den Stiefel, so wie der Kolben nieder geht, schliesset sich das Ventil b und öffnet sich die Klappe a, das Wasser tritt in dem Stiefel über den Kolben. Bey dem folgenden Kolbenhub fliesset das Wasser über dem Kolben durch die Röhre D ab, indessen ihm neues von unten her durch die Pressung der Atmosphäre folgt. Die Kraft welche beym Kolbenhub angewendet werden muß, ist gleich dem Gewicht einer Wassersäule über der Grundfläche des Kolbens und von der Höhe HD, denn von oben herab drückt die Atmosphäre auf den Kolben, von unten hinauf ebenfalls, aber von diesem Gegendruck geht das Gewicht

der angestiegnen Wassersäule HD ab. Bey der Berechnung der Kraft sind die Reibung des Kolbens und sonstige Hindernisse nicht in Anschlag gebracht. Beym Niedergang des Kolbens sind es blos diese Hindernisse, welche die Kraft zu überwinden hat, daher der Widerstand der Last bey einer Saugpumpe sehr ungleichförmig wirkt. Man pflegt daher die einfache Pumpe mit einem durch ein Gegengewicht beschwerten Hebel so zu bewegen, daß das Gewicht gehoben wird, wenn der Kolben niedergeht, und dagegen dem aufsteigenden Kolben zu Hülfe kommt. Noch gleichförmiger wird die Bewegung, wenn man zwei Saugpumpen so mit einander verbindet, daß der Kolben in der einen aufsteiget, wenn er in der andern niedergeht.

§. 92.

Unter die Maschinen, bey welchen durch den Druck der Luft die Luft selbst in Bewegung gesetzt wird, gehören vorzüglich die Gebläse und einige Luftreinigungsmaschinen, Ventilatoren u. s. w. Der gemeine Blasebalg ist eine zu bekannte Maschine, als daß er einer umständlichen Beschreibung bedürfte. Wenn die beiden Backen des Blasebalgs von einander entfernt werden, so öffnet sich die an den untern Backen angebrachte Klappe und die äussere Luft stürzt sowohl durch das geöffnete Ventil, als durch die Blaseröhre in den innern Raum; bey dem Niederdrücken des Blasebalgs schliesset sich die Klappe, die Luft in dem Balg wird zusammengepresset und strömt vermöge ihrer größern Spannkraft zur Blaseröhre hinaus. Die Wirkung ist sehr ungleichförmig, weil die Zusammenpressung der Luft allmählig erfolgt. Besser wirkt der doppelte Blasebalg, wovon die eine Hälfte niedergeht, indessen die andere Hälfe aufgeht. Noch besser ist es, wenn man den

Blasebalg mit einem Windkasten verbindet. Alsdann führet die Röhre des Blasebalgs zu einem luftdicht verschlossenen Kasten, der wenigstens doppelt so viel Raum als der geöffnete Blasebalg fassen soll. An der zu dem Windkasten von dem Balg führenden Röhre liegt ein nach dem Innern des Kastens sich öffnendes Ventil.

Ein zweites nach aussen sich öffnendes Ventil liegt an der Röhre, die von dem Windkasten zu der Blaseröhre führet. Mit dem Windkasten soll ein sogenannter Windmesser (Luftelasticitätsmesser) in Verbindung stehen, das ist eine doppelt gekrümmte Glasröhre, in welcher durch die erhöhte Spannkraft der in dem Windkasten eingeschlossenen Luft, eine Säule von Wasser- oder Quecksilber in die Höhe gepresset wird, deren Höhe man an einer in Fuße, Zolle und Linien eingetheilten Scale messen kann. Aus dem Höhenstand des Elasticitätsmessers lässet sich die Geschwindigkeit des zur Blaseröhre herausfahrenden Luftstromes, nach meinen darüber angestellten Versuchen auf folgende Weise berechnen. Es heiße c die gesuchte Geschwindigkeit, so erhält man $c = 0,7 \times 2 \sqrt{\left(\frac{gh}{d}\right)}$ wo h den Höhenstand des Elasticitätsmessers, g den Fallraum in einer Secunde und d die Dichte der in dem Windkasten eingeschlossenen Luft bezeichnen. Z. B. Es sey

$h = 4$ par. Fuß Wasserdruck

$g = 15$ „ Fuß

so ist, da man die Dichte der atmosphärischen Luft bey einem Barometerstand von 28″ (= 32 Fuß Wasserdruck) und einer mittlern Temperatur von 15° R = $1/_{840}$ des Wassers annehmen kann, $d = {}^{36}/_{32} \cdot {}^{1}/_{840} = {}^{1}/_{747}$ also $c = 0,7 \times 2 \sqrt{(15 \cdot 4 \cdot 747)} = 292$ Fuß. Diese Geschwindkeit muß mit dem Querschnitt der Blaseöffnung

multipliciret werden, um die Menge der in einer Secunde ausströmenden Luft zu erhalten. Der Ausdruck $\frac{h}{d}$ bezeichnet die Höhe einer Luftsäule von der Dichte der in dem Windkasten eingeschlossenen, deren Gewicht eben den Druck auf die Blaseröhre erzeugt als die Spannkraft der eingeschlossenen Luft. Es lässet sich die Dichte der comprimirten Luft, wenn der ihrer Spannkraft entsprechende Quecksilberdruck und die Temperatur gegeben sind, nach §. 105 berechnen, folglich die Größe $\frac{h}{d}$ in jedem Falle bestimmen. Der Coefficient 0,7 beziehet sich auf eine conische Blaseröhre, deren Länge ihren Durchmesser nicht über 30mahl übertrifft. Muß die Blaseröhre länger und mit Krümmungen (welche möglichst zu vermeiden sind) geführet werden, so vermindert sich jener Coefficient wohl hier auf 0,5. Aus der Formel folgt, daß sich die Geschwindigkeiten der ausströmenden Luft wie die Quadratwurzeln aus den Spannkräften dividiret durch die Dichten verhalten.

Von den verschiednen mechanischen Einrichtungen der Gebläse wird in den Vorlesungen gehandelt. Die vorzüglichsten Arten sind jetzt wohl das Cylindergebläse, und das Henschelsche Kettengebläse. Der Elasticitätsmesser soll unmittelbar an dem Windkasten angebracht seyn, je entfernter von demselben gegen die Blaseöffnung hin er gestellt wird, desto niedriger fället sein Stand aus; ja es ließ sich eine solche Länge und Weite der Blaseröhre denken, an deren Ende ein Elasticitätsmesser = 0 zeigte, obgleich die Luft mit einer bedeutenden Geschwindigkeit zur Oeffnung herausströmte. Denn je mehr Kraft auf die Erzeugung von Geschwindigkeit verwendet worden ist, desto geringer muß die zurückbleibende Spannung ausfallen. Uebrigens bemerkt man, wenn gleich der Elasticitätsmesser auf den Windkasten gestellet ist, gewöhnlich ein Schwanken desselben. Dieß rühret theils von dem ungleichförmigen Ab- und Zuströmen der Luft in den Windkasten her, theils auch von den Veränderungen der Temperatur in demsel-

ben; denn mit jeder Verdichtung der Luft ist Wärme-Entbindung, mit jeder Verdünnung derselben Kälteerzeugung, verknüpfet. Versuche mit der Luftpumpe, wobey die Verdichtung bis zum doppelten Druck der Atmosphäre ging, haben mich belehret, daß bey schnellem Ausströmen der so verdichteten Luft eine gegen 4,5° R gehende Temperaturerniedrigung hervorgebracht wurde, wodurch der Elasticitätsmesser über 15 Linien Quecksilberhöhe herabsank. Dieß ist ein anderer Grund warum man die Windkästen an den Gebläsen nicht zu klein machen soll.

§. 93.

Auf dem gestöhrten Gleichgewicht der Luft beruht ferner das Ziehen unserer Kamine; die Theorie dieser Erscheinung lässet sich kurz so übersehen.

Es bezeichne ab Fig. 90 die Feuerstelle, über welcher sich die erwärmte Luftsäule cd in dem Kamin befinde, durch die Oeffnung f habe die atmosphärische Luft freien Zutritt zu dem Feuerraum: so wird die erwärmte Luftsäule stets nach der Richtung cd ansteigen, indessen frische Luft durch f zuströmet, und durch das Feuer erwärmt dieselbe Bewegung annimmt wie diejenige Luft, welche sie verdrängt hat.

Man kann sich unter dcbg die Axe einer communicirenden Röhre denken, in deren einem Schenkel dc eine erwärmte, und durch die Wärme ausgedehnte, folglich leichtere Luftsäule, in dem andern Schenkel eine kältere und schwerere gb gegen einander drücken. Der Unterschied beider Gewichte ist die bewegende Kraft, welche durch das Gewicht oder die Masse der erwärmten Luftsäule dividiret, die beschleunigende Kraft giebt, vermöge welcher jedes Lufttheilchen von c bis d auf eine ähnliche Weise, wie ein frei fallender Körper, jedoch durch eine andere Kraft beschleuniget wird. Hieraus lässet sich leicht herleiten, daß die

Geschwindigkeit des Luftzuges in den Kaminen sich wie die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung der Luftsäule in dem Kamine, multipliciret mit der Quadratwurzel aus der Höhe des Kamins, verhalte. Die Geschwindigkeit des Luftstromes vermehret sich daher mit der Höhe des Kamins, jedoch in einem kleinern Verhältnisse, und gewiß nur bis zu einer bestimmten Gränze, weil wegen des unvermeidlichen Verlusts an Wärme durch die Wände des Kamins endlich eine allzugroße Höhe wieder eine Verminderung der mittlern Temperatur der erhitzten Luftsäule herbeyführen könnte. In der Regel wird diese Gränze in der Ausübung nicht erreicht. Da die beschleunigende Kraft von dem Unterschiede der Gewichte der äussern und innern Luftsäule, in lothrechter Richtung genommen, dividiret durch die Masse der in Bewegung zu setzenden Luftsäule, abhängt, so wird durch das sogenannte Schleifen der Schornsteine nie etwas an Zug gewonnen, wohl aber verloren werden können.

Es bezeichne p das Gewicht einer Luftsäule von der Höhe = h und der Dichte der atmosphärischen Luft, die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung einer gleich hohen Luftsäule in dem Kamin heiße = e, so ist das Gewicht der erwärmten Luft $= \frac{1}{1+e} \cdot p$ der Unterschied der Gewichte beider Luftsäulen $= p - \frac{1}{1+e} \cdot p = \frac{ep}{1+e}$; die beschleunigende Kraft der Luft in dem Kamin $= \frac{ep}{1+e} : \frac{p}{1+e} = e$, und die zur Höhe h gehörige Geschwindigkeit $= e\, 2 \sqrt{(gh)}$. Ob bey gleicher Höhe und Erwärmung des Kamins der Zug durch eine gewisse Gestalt desselben, etwa eine conisch nach oben sich erweiternde, vermehret werde? ist eine Frage, welche nur genaue Versuche entscheiden können, an welchen es, so viel uns bekannt ist, noch fehlt.

Um die vorstehende Theorie über den Zug der Kamine

durch die Erfahrung zu prüfen, stellte ich nachfolgende Versuche an.

Ueber einer argandischen Lampe wurde ein gut schliessender Rauchfang von Eisenblech angebracht, der die Fig. 90 abgebildete Gestalt hatte, und durch Aufsatzstücke von 17 bis zu 55 pariser Zollen erhöhet werden konnte. Nachdem die Lampe angezündet und die Luftsäule in dem Rauchfang gehörig erwärmt war, wurde die Hitze durch ein in die obere Oeffnung gesenktes Quecksilberthermometer, dessen Scale bis zur Siedhitze des Quecksilbers reichte, gemessen, und darauf vermittelst eines feinen Anemometers die Geschwindigkeit des Luftzugs an der obern Oeffnung des Rauchfangs beobachtet. Das Anemometer hatte folgende Einrichtung. An einer stählernen Axe ($^1/_2$ Linie dick) die in einem messingnen Rahmen lief, war ein feiner Seidenfaden angeknüpft, der von da auf eine schraubenförmig eingedrehte Welle ging, die so abgeglichen war, daß 10 Umdrehungen des Rädchens eine Umdrehung der Welle gaben. Der Durchmesser des Rädchens entsprach dem Durchmesser des Rauchfangs von 2 Zollen. Wurde das Rädchen mit seiner Axe in die Mittellinie des Rauchfangs gehalten, so konnten die Umläufe desselben bis zum Ablauf der Schnur leicht gezählet und die verstrichene Zeit an einer Secundenuhr beobachtet werden. Durch vorgängige Versuche, wobey man das Rädchen in stiller Luft mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegte, war ausgemacht worden, daß ein Umlauf des Rädchens 0,7 Fuß oder 8,4 pariser Zollen Geschwindigkeit entsprach.

Ich setze von mehreren Versuchen nur folgende her, wovon jeder doppelt angestellt worden ist, nebst den aus den Versuchen sich ergebenden und nach der obenstehenden Theorie berechneten Geschwindigkeit.

1ter Versuch.

$h = 17$ Zoll

Wärme im Rauchfang 180° C. aussen 20° C.

Umläufe 71 in $\left.\begin{matrix}20^1/_2\\20^1/_4\end{matrix}\right\}$ Secunden.

2ter Versuch.

$h = 43$ Zoll

Wärme im Rauchfang 178° C. aussen 20° C.

Umläufe 71 in $\left.\begin{matrix}14^1/_4\\13^1/_4\end{matrix}\right\}$ Secunden.

3ter Versuch.

$h = 55$ Zoll

Wärme im Rauchfang 170° C. aussen 20° C.

Umläufe 71 in $\left.\begin{matrix}12^3/_4\\12\end{matrix}\right\}$ Secunden.

Hieraus finde ich

	1) berechnete Geschwindigkeit	—	beobachtete
	66 Zoll	—	29 Zoll
Verhältniß	1	zu	0,44
	2) berechnete Geschw.		beobachtete
	104,2 Zoll		44,2 Zoll
Verhältniß	1	zu	0,42
	3) berechnete Geschw.		beobachtete
	199 Zoll		48,1 Zoll
Verhältniß	1	zu	0,43

Da das Verhältniß der berechneten zur beobachteten Geschwindigkeit für constant angenommen werden darf, so rechtfertiget dieß die obige Theorie, und die nach der Erfahrung bestimmte Formel für die Geschwindigkeit des Luftzugs in den Kaminen mit Rücksicht auf den Widerstand wäre

$= 0,43 \,.\, e \sqrt{(4gh)}$.

§. 94.

Aus der Darstellung der Gründe, welche den Zug der Luft in den Kaminen hervorbringen, können wir uns zugleich die Entstehung der Winde in dem großen Luftmeer, welches unsern Erdball umgiebt, erläutern; denn es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß der größte Theil aller Winde seinen Grund in dem durch Verschiedenheit der Temperaturen bewirkten ungleichen Luftdruck habe, ob wir gleich die Ursache der Temperaturveränderungen nicht immer bestimmt nachweisen können. In den folgenden Beyspielen kann dieß ziemlich genügend geschehen.

1) Der allgemeine Erdwind, welcher besonders in unsern Gegenden in den Frühlingsmonathen als ein herr-

schender Nordostwind, so wie in der südlich gemäßigten Zone in den Herbstmonathen als ein Südwestwind sich zu erkennen giebt, lässet sich aus der durch die Axendrehung der Erde bewirkten regelmässigen Erwärmung der nord- und südwärts um den Aequator liegenden Luftschichten durch die Sonne erklären; vermöge derselben steigen diese Luftschichten in die Höhe und werden durch kalte von den Polen her strömende Luft ersetzt.

Der dadurch in den entgegengesetzten Hemisphären entstehende Nord- und Südwind wird, weil wegen der Axenumdrehung der Erde die östlicher liegenden Gegenden jene Zuströmungen früher erhalten, in Nordost- und Südostwinde verwandelt.

2) Die regelmäßig im Sommer und Winter nach entgegengesetzten Richtungen wehenden Monsoons in dem indischen Ocean lassen sich befriedigend aus den entgegengesetzten Climaten von Asien und Afrika, zwischen welchen jene Meere innen liegen, erklären. Wenn in den heißen Sommermonathen die Luftsäulen über den erhitzten Steppen Asiens in die Höhe steigen, so strömet von unten her aus der kältern südlichen Hemisphäre der Wind in einer südwestlichen Richtung über den indischen Ocean, dagegen die Richtung des Windes sich in die entgegengesetzte verwandelt, wenn in unsern Wintermonathen die südlich vom Aequator gelegenen Länder Afrikas stark erwärmt sind.

3) Die an den Küstenländern zur Nachtzeit herrschenden Landwinde und des Tages über wehenden Seewinde, so wie die in langen engen Thälern zu verschiednen Tageszeiten herrschenden Berg- und Thalwinde lassen sich aus ganz ähnlichen Gründen erklären.

Des Tages über erwärmt sich das feste Land durch

die Sonne viel stärker als das Wasser, daher auch die über ihm liegenden Luftschichten, und es entsteht Seewind.

Des Nachts verhält es sich umgekehret, weil das Wasser langsamer abkühlet, und es entsteht Landwind.

4) Die einer heranziehenden Gewitterwolke vorangehenden heftigen Windstöße, welche man sonst durch das electrische Abstossen der Luft zu erklären suchte, glauben wir befriedigender blos aus der durch das Gewitter bewirkten Abkühlung der Luft herleiten zu können. Die Abkühlung an sich ist Erfahrungssache, sie rühret theils von der durch die Wetterwolke verursachten Beschattung, theils von der mit dem Regenfall nothwendig verknüpften Ausdünstung her. Diese Abkühlung beträget an einem heißen Sommertag oft 10° — 15° R. Wir wollen sie hier nur = 10° annehmen, so können wir die dadurch bewirkte Verdichtung der unter der Wetterwolke liegenden Luftsäule = $\frac{1}{20}$ ihres Volumens setzen. Daher wird, nach der in den vorhergehenden Paragraphen entwickelten Theorie, die von der verdichteten Luftsäule ausgehende beschleunigende Kraft = $\frac{1}{20}$ der Schwere betragen, und wenn diese Kraft durch eine Luftsäule von 4000 Fuß Höhe gewirkt hat, so muß sie eine Geschwindigkeit von 25 Fuß in einer Secunde erzeugt haben. Es ist daher kein Wunder, daß der heranziehenden Wetterwolke ein starker Wind vorausgeht. Doch wollen wir nicht leugnen, daß die eigenthümlich electrischen Kräfte, manche Winde, besonders die durch ihre Wirbelbewegung so verheerenden Windhosen veranlassen. Zu der vorausgesetzten Verdichtung einer 4000 Fuß hohen Luftsäule durch 10° Kälte würde doch nur eine Aenderung von 2,4''' im Barometerstand gehören. Nun lehret aber die Erfahrung, daß zuweilen Veränderungen in der Atmosphäre vorgehen, welche das Barometer über 12 Linien

fallen machen. Findet eine solche Stöhrung des Gleichgewichts plötzlich Statt, so ist es wohl begreiflich wie dadurch Orkane entstehen können, welche 120 Fuß und darüber in einer Secunde zurücklegen.

Zur Bestimmung der Richtung, Geschwindigkeit und Stärke des Windes hat man besondere Werkzeuge, die unter dem Nahmen Anemoscope, Anemometer bekannt sind. Die Richtung des Windes giebt jede gute Windfahne an. Zur Messung der Geschindigkeit des Windes dienen am besten kleine, nach Art der Windmühlenflügel gebauete Rädchen, deren Umlaufsgeschwindigkeit entweder der Geschwindigkeit des anstossenden Windes gleich ist, oder in einem bekannten Verhältniß zu derselben steht. Um die Zahl der Umläufe eines solchen Windrädchens bequemer messen zu können, verbindet man die Welle desselben mit einem Trieb, der in ein gezahntes Rädchen eingreiffet, das sich 100 Mahl langsamer umdreht. Von der Art ist Woltmanns Windmesser.

Zur Bestimmung der Stärke und Stoßkraft des Windes möchte der nach Art des Pitotschen Strommessers gebauete Anemometer von Lind zu empfehlen seyn. Eine nach Art des Heberbarometers gebogne doppelschenklichte Glasröhre 0,4 Zoll weit, 5—10 Zoll hoch, wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt; das obere Ende des einen etwas höhern Schenkels ist mit einer rechtwinklicht gebogenen Röhre von Messing versehen, deren horizontale Axe in die Richtung des Windes gestellt werden muß. Durch den Stoß des Windes wird das Wasser in dem einen Schenkel herabgedrückt, und in dem andern in die Höhe getrieben. Der Unterschied des Wasserstandes wird durch eine zwischen den Schenkeln angebrachte Scale gemessen, und giebt die zu dem Windstoß gehörige Druckhöhe an, welche auf einen Quadratfuß gebracht, und in Pfunden ausgedruckt werden kann. Nimmt man nach der Lehre vom Stosse flüssiger Körper §. 83 an, die zu einem gewißen Stoß gehörige Druckhöhe sey doppelt so groß, als die zur Geschwindigkeit der anstossenden Flüssigkeit gehörige Fallhöhe; so kann man aus der beobachteten Druckhöhe die Geschwindigkeit nach der Formel $c = \sqrt{(2gh)}$ berechnen, wenn man, um h zu finden, die beobachtete Wasserhöhe durch das specifische Gewicht der anstossenden Luft dividiret. Wir theilen hier eine Tafel über Geschwindigkeit und Stärke des Windes nach Smeaton mit

Geschwindigkeit des Windes in einer Secunde in engl. Fußen	Druck auf 1 □ Fuß in Pfunden.	
1,47	0,005	kaum bemerklicher Wind
4,40	0,044	bemerkbarer Wind
14,67	0,492	windig
27,34	1,968	sehr windig
58,68	7,873	ausserordentlicher Wind
117—146	31—49	Orkan der Bäume und Häuser umstürzt.

§. 95.

Die Windbüchse bietet uns ein merkwürdiges Beyspiel einer durch die Zusammenpressung der Luft hervorgebrachten starken bewegenden Kraft dar. Die wesentlichsten Theile der Windbüchse sind folgende. Der Kolben, welcher sich von dem Laufe abschrauben lässet, besteht aus einem hohlen Windkasten von festem und zähen Metall (am beßten Eisen oder Kupfer) überall luftdicht verschlossen bis auf die vornen nach dem Lauf gehende Oeffnung. In der Oeffnung liegt ein metallenes nach innen zu sich hebendes Kegelventil, das nicht nur durch den Druck der verdichteten Luft, sondern überdieß durch eine von Innen her wirkende Spiralfeder angepresset wird. Schraubt man statt des Laufes eine Compressionspumpe, wie sie §. 84 beschrieben worden ist, auf den Windkasten, und stösset den Kolben der Luftpumpe so lange auf und nieder, bis der Widerstand der verdichteten Luft keine fernere Oeffnung des Kegelventils mehr gestattet, so ist nun der Windkasten voll gepumpt oder geladen. Der hierbey anzuwendenden Vorsicht ist bereits §. 84 gedacht worden. Jetzt schraubt man die Luftpumpe ab, und dafür den Lauf der Windbüchse an den Windkasten, und bringt in den Lauf die gewöhnliche Bleyladung nebst dem aufgesetzten Pfropfen. Das Schloß der

Windbüchse ist so eingerichtet, daß beym Losschlagen des Hahns eine starke Feder einen Winkelhebel in Bewegung setzt, welcher wider einen von dem Kegel des Ventils hervorgehenden Stift schläget, und dadurch das Ventil auf einen Augenblick öffnet. Die aus dem Windkasten herausstürzende verdichtete Luft, welche sich zwischen der Ladung und dem sogleich wieder zugehenden Ventil eingeschlossen befindet, treibt nun, indem sie die Kugel vor sich her schiebt, dieselbe mit einer abnehmend beschleunigenden Kraft aber wachsenden Geschwindigkeit zur Mündung hinaus.

Um die Geschwindigkeit der zum Laufe der Windbüchse herausfahrenden Kugel genauer berechnen zu können, müssen folgende Dinge gegeben seyn. Der Grad der Verdichtung der Luft in dem Windkasten, die Menge der durch das geöffnete Ventil heraustrettenden Luft oder das Verhältniß des Raumes welchen sie einnimmt zu dem Raume des Laufes, die Länge und der Durchmesser des Laufes, so wie die Schwere oder Masse der Ladung. Drückt man die Größe der Spannkraft der verdichteten Luft, durch die Höhe einer Luftsäule von der Dichte der atmosphärischen aus, und dividiret diese Größe durch die Masse der Kugel + der Masse der in dem Laufe eingeschlossenen Luft auf gleiche Art ausgedruckt; so erhält man die in dem ersten Augenblick der Bewegung wirkende beschleunigende Kraft. Wenn die Kugel zur Mündung des Laufes heraus tritt, so ist die Kraft so vielmahl geringer geworden, wie vielmahl die verdichtete Luft sich in dem Laufe ausgedehnt hat. Da nun die ausdehnenden Kräfte stets im verkehrten Verhältnisse der Räume stehen: so folgt hieraus, daß sich die Summe aller Beschleunigungen, oder die zur Endgeschwindigkeit gehörige Höhe wie der natürliche Logarithme der Länge des Laufes, dividiret durch die Länge des Rau-

mes, welchen die verdichtete Luft anfangs einnahm, verhalte.

Nach den obenstehenden Grundsätzen haben Robin's und Euler, Daniel Bernoulli, Karstens und andere Mathematiker Formeln zur Berechnung der Geschwindigkeit einer Windbüchsenkugel aufgestellt, welche 606 — 630 Fuß Geschwindigkeit in einer Secunde geben, unter der Voraussetzung, daß die Luft in dem Windkasten 100fach verdichtet worden sey.

Nach unsern über die Geschwindigkeit des Ausströmens verdichteter Luft angestellten Versuchen, würde in diesem Fall die verdichtete Luft allein zu dem Windbüchsenventile mit einer Geschwindigkeit von 863 Fuß in einer Secunde herausfahren, und hiernach betrüge die Geschwindigkeit der Kugel $^3/_4$ von der Geschwindigkeit der Luft.

Die Kraft des Pulvers in unsern Feuergewehren wirkt auf ganz ähnliche Weise, indem bey der Entzündung des Pulvers durch das Verbrennen der Kohle und des Schwefels mit dem Sauerstoffe des Salpeters, kohlensaures Gas, Stickgas, Wasser- und Schwefelsaurer- Dunst gebildet, und durch die Glühehitze sehr ausgedehnt werden. Nach ältern Versuchen schätzte man die Kraft der Dämpfe des entzündeten Schießpulvers dem 1000fachen Druck der Atmosphäre gleich. Wäre nun die stärkste Verdichtung in einer Windbüchse = 100 so würden sich die beschleunigenden Kräfte in der Windbüchse und dem Feuergewehr = 1 : 10, also die dadurch erzeugten Geschwindigkeiten = $\sqrt{1} : \sqrt{10}$ verhalten. Dieß gäbe für die Geschwindigkeit einer aus einer Büchse gefeuerten Kugel = 2000 Fuß in einer Secunde.

Nach Rumford soll die Kraft des entzündeten Schießpulvers, welche er vorzüglich in den expandirten Wasserdämpfen sucht, sogar bis zum 55000fachen Luftdruck (?) ansteigen können.

Wie stark sich die atmosphärische Luft zusammenpressen lasse, ist noch nicht mit Gewißheit ausgemacht. Hales und Richman wollen sie bis zum 300fachen verdichtet haben. Nach Roberval verlor eine in einer Windbüchse 15 Jahre lang erhaltene stark verdichtete Luft nichts von ihrer Elasticität. Sonach wäre bis jetzt die atmosphärische Luft eine wirklich permanent elastische Flüssigkeit. Ob es gleich Faraday gelungen ist, mehrere früher ebenfalls für permanent elastisch gehaltne Gasarten durch einen weit geringern Druck zu verdichten.

§. 96.

Der Stoß und Widerstand, welchen die bewegte oder ruhende Luft ausübt, folgt zwar im Ganzen genommen ähnlichen Gesetzen wie der Stoß des Wassers und anderer Flüssigkeiten, wovon bereits §. 65 geredet worden ist, und kann so nach auf ähnliche Art wie dort gezeiget worden ist, berechnet werden. Jedoch ist zu bemerken, daß die Luft, so wie jede elastische Flüssigkeit nicht wider einen Körper stossen kann, ohne sich zu verdichten, wodurch ihre Spannkraft vermehret wird und gegen dem Widerstand zurückwirkt. So wie daher bey dem Stoße fester elastischer Körper auf einander doppelt so viel Bewegung erzeugt oder vernichtet wird, als bey dem Stoße harter Körper unter sonst ähnlichen Umständen, eben so steht zu vermuthen, daß es sich mit dem Stoße der Luft gegen den Stoß des Wassers verhalte. Schätzet man also letztern, nach der gewöhnlichen Theorie dem Gewicht einer Wassersäule gleich, welche die Stoßfläche zur Grundfläche, und die zur Geschwindigkeit gehörige Fallhöhe zur Höhe hat, so müßte man hiernach den Stoß der Luft dem doppelten Gewicht einer Luftsäule von gleicher Dichte mit der anstossenden und der zur Geschwindigkeit gehörigen Höhe gleich setzen. Denken wir uns einen festen Körper in ruhender Luft mit einer großen Geschwindigkeit bewegt, so wird die Luft vor dem Körper verdichtet, hinter demselben verdünnt werden, wenn sie nicht schnell genug an den Seiten zu- oder abfliessen kann, durch beides wird die Größe des Widerstandes vermehret, und man übersieht sogleich, daß es hierbey auf die Gestalt der Vorder- und Hinterfläche des anstossenden Körpers ankomme. Daher wird man bey der Bestimmung der Größe des Stoßes und Widerstandes der Luft gute Erfahrungen nicht entbehren können.

Nach Hutton ist das absolute Maaß des senkrechten Luftstosses gegen eine Kreißfläche mit halbkugelförmigem Hintertheil 1,3862 der zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeit, wenn diese sich innerhalb den Gränzen von 3 — 20 Fuß befindet. Aeltere Versuche von Schober gaben jenen mit der Fallhöhe zu multiplicirenden Coefficienten zwischen 1,2 bis 1,9 veränderlich; ja Prechtl, dessen Versuche mit Umsicht und Genauigkeit angestellt worden sind (Gilb. Annalen 1806 23 B.) setzt den Widerstand'scoefficienten sogar auf 3,793 für Geschwindigkeiten zwischen 2 — 10 Fuß, wenn der gegen die Luft senkrecht stossende Körper vornen und hinten durch ebene mit einander parallel laufende Flächen begränzt ist.

Nach Borda sowohl als Hutton wächset der Stoß der Luft im Verhältniß der zweiten Potenz der Geschwindigkeiten, so lange dieselben die Größe von 20 Fuß nicht überschreiten. Bey viel größern Geschwindigkeiten über 100 Fuß scheint aber der Stoß in einem stärkern Verhältnisse zu wachsen.

Nach Huttons Versuchen mit abgeschossenen Bleykugeln von beynahe 2 Zoll Durchmesser ist der Widerstand, den sie von der Luft bey 200 Fuß Geschwindigkeit erleiden, der 2,04ten, bey 1200 Fuß Geschwindigkeit der 2,1ten, bey 1500 Fuß Geschwindkeit der $2^1/_9$ten Potenz der Geschwindigkeit proportional, und wächset dann nicht ferner. Bey 6pfündigen Kanonenkugeln, die sich mit 2000 Fuß Geschwindigkeit durch die Luft bewegten, soll der Widerstand der Luft dem 100fachen Gewicht der Kugel gleich, also viel größer gewesen seyn, als ihn die newtonsche Theorie giebt, welche den Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzt. Es wäre zu wünschen, daß die auf den

Stoß und Widerstand der Luft sich beziehende Versuche wiederholt und erweitert würden.

§. 97.

Aus dem Stoß und Widerstand der Luft erklären sich mancherlei Erscheinungen, da der Widerstand der Luft mit der Oberfläche wächset, das Gewicht aber unabhängig von der Oberfläche sich blos nach der Masse richtet, so folget hieraus, daß ein in der Luft fallender schwerer Körper eine desto geringere beschleunigende Kraft erhalten werde, je größer seine Oberfläche gegen sein Gewicht ist. Hieraus erläutert sich der §. 107 angeführte Versuch mit der Luftpumpe. Ferner, da der Widerstand der Luft wenigstens im quadratischen Verhältniß der Geschwindigkeit wächset, die Schwerkraft aber an der Oberfläche der Erde, als eine an Stärke sich gleich bleibende unveränderliche Kraft angenommen werden kann, so folget hieraus, daß ein von einer bedeutenden Höhe herabfallender Körper endlich eine solche Geschwindigkeit erlangen müsse, wobey der Widerstand der Luft dem Gewicht des fallenden Körpers gleich wird, da alsdann alle Beschleunigung aufhöret und der Körper mit gleichförmiger Bewegung fortgeht. Dieser Zeitpunct wird desto früher eintretten, je größer die Oberfläche des fallenden Körpers und je kleiner sein Gewicht ist. Hierauf gründet sich die Einrichtung der Fallschirme, wodurch sich der Mensch von bedeutenden Höhen, ohne Schaden zu leiden, herablassen kann. Ohne den Widerstand der Luft würde jedes fallende Hagelkorn, selbst jeder große Regentropfen der unser Haupt träfe uns tödtlich werden können. Der Stoß der stark und anhaltend bewegten großen Luftmassen erzeugt die fürchterliche Gewalt der Orkane. Als bewegende Kraft bedienen wir uns des Luft-

stoßes an den Windmühlen und bey den Segeln der Schiffe; auch bedienet man sich des Widerstandes der Luft bey manchen Maschinen, um die allzugroße Beschleunigung mancher Kräfte zu hemmen. Ob wir durch den Widerstand der Luft gegen schnell geschwungne hinlänglich große Ruder dereinst die horizontale Lenkung der Luftballons in unsre Gewalt bekommen werden, muß die Zukunft lehren.

Als Erläuterung zum oben Gesagten diene folgendes Beyspiel. Ein Mensch will sich mit einem Fallschirm, der ausgebreitet 15 pariser Fuß im Durchmesser hat, herablassen, wir wollen annehmen, das Gewicht des Menschen mit dem Schirm betrage 125 Pfunde, man fraget nach der Geschwindigkeit = c, bey welcher der Fall gleichförmig wird. Nimmt man für das Maaß des Widerstandes die doppelte zur Geschwindigkeit gehörige Fallhöhe an, und setzen wir ferner das Gewicht eines pariser Cubikfußes Luft = $\frac{1}{12}$ Pf., so erhalten wir folgende Gleichung $\frac{15^2 \,.\, 0{,}785 \,.\, 2 \,.\, c^2}{4 \,.\, 15 \,.\, 12} = 125$, woraus sich c = 16 Fuß findet. Hierzu würde im leeren Raume eine Fallhöhe von $4\frac{1}{4}$ Fuß gehören.

Der Flug der Vögel beruht ganz auf dem Widerstande der Luft. Wir müssen den activen und passiven oder steigenden und senkenden Flug der Vögel unterscheiden. Beym erstern hebt sich der Vogel durch den schnellen Schlag der Flügel gegen die widerstehende Luft, bey letzterm bedienet er sich der ganz ausgebreiteten Flügel wie eines Fallschirms, und indem er den Schwerpunct seines Körpers durch Ausstrecken von Kopf und Hals etwas nach vornen bringt, schwebt er schief vorwärts nieder. (Siehe Zachariä Elemente der Luftschwimmkunst.)

Vom Gleichgewicht fremdartiger in der Luft eingetauchten Körper. Luftschiffahrt.

§. 98.

Wir haben §. 86 den Versuch mit dem Manometer kennen gelernt, wodurch bewiesen wird, daß die Luft, wie jede schwere Flüssigkeit, gegen einen in sie eingetauchten

Körper mit einer Kraft aufwärts presset, welche dem Gewicht der aus der Stelle getriebenen Luft gleich ist. Könnte man also einen großen hohlen Körper so leicht bauen, daß er weniger wöge, als die Luft, welche er verdrängt, so müßte er von der umgebenden Luft in die Höhe getrieben werden. Die Lösung dieser Aufgabe im Großen war den Gebrüdern Montgolfier im Jahr 1783 vorbehalten, obgleich es zwei Jahre früher dem Naturforscher Cavallo in England gelungen war, Seifenblasen, die er mit entzündlichem Gas gefüllt hatte, in der Luft ansteigen zu machen. Die sogenannten Montgolfieren waren dünne Hüllen von Zeug oder Papier, unten mit einer Oeffnung versehen, unter welche man in gehöriger Entfernung eine Glutpfanne setzte, auf welcher man Papier und andere leicht entzündliche Stoffe verbrannte. Die so erhitzte Luft stieg zugleich mit den Dämpfen des Brennmaterials in die Hülle, schwellte sie an, und machte sie specifisch leichter als die umgebende Luft, wodurch sie in der Atmosphäre in die Höhe stieg, so lange als die durch die Wärme in der Montgolfiere hervorgebrachte starke Verdünnung der Luft andauerte. Sehr bald darauf in demselben Jahre füllten Charles und Robert in Paris einen von gefirnißtem Taffent verfertigten, 12 Fuß im Durchmesser haltenden Ballon mit entzündlicher Luft, die sie aus Eisen mit verdünnter Schwefelsäure bereiteten, und ließen ihn in die Höhe steigen. Dieser Füllungsart hat man in der Folge den Vorzug gegeben, weil sie den Luftballons mehr Steigkraft verleiht und mehr Sicherheit gewährt. Das reine Wasserstoffgas, wie es die Kunst des Chemikers darzustellen vermag, ist zwar gegen 1 mahl leichter als die atmosphärische Luft, man darf aber dem bey der Füllung der Luftballons angewendeten Gas, welches im Großen nicht in jener Reinheit erhalten werden kann,

wohl nur eine 6mahl größere Leichtigkeit, als der atmosphärischen Luft zuschreiben.

Wir wollen einen Luftballon von 10000 Cubikfuß Inhalt, d. i. von 28—29 Fuß Durchmesser annehmen, so wird der Ueberschuß an Gewicht der atmosphärischen Luft über das angefüllte Gas $\frac{5}{6} \cdot 10000 \cdot \frac{1}{12}$ Pfund = 695 Pf. betragen. Ziehen wir hierauf ab

das Gewicht der Hülle mit	120 Pf.
des Netzes von Bindfaden	60
der Gondel	50
eines Ankers	15
	345

so bleibt für die Steigkraft des Ballons 350 Pf. übrig. Ein solcher Luftballon kann also drei Menschen tragen, deren Gewicht wir im Durchschnitt zu 300 Pf. annehmen wollen, und behielt noch 50 Pf. Steigkraft übrig. Der Luftball würde sich mit abnehmender Kraft so lange erheben, bis der aufwärts gerichtete Druck der umgebenden Luft sich von 695 Pf. bis zu 645 Pf. vermindert hätte. Fraget man, in welcher Höhe dieses geschieht, so erinnere man sich, daß die Dichten, also auch die Gewichte der Luft sich bey gleich bleibender Temperatur wie die Barometerstände verhalten. Dieß giebt 695 : 645 = b : x also nach §. 101 die Höhe, ohne Rücksicht auf die Temperatur = 60000 (lg 695 . lg 645) = 1945 pariser Fuße.

Wollten sich nun zwei Menschen mit dem Ballon erheben, und man gäbe ihnen ein Uebergewicht von 150 statt 50 Pfunden, so würde er zu einer Höhe von 6335 Fuß steigen, bevor er mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht käme. Dieß zeigt, daß das Auswerfen von wenigen Pfunden Ballast dem Ballon eine bedeutende Vermehrung der Steigkraft giebt.

Man pflegt die Luftballons unten nicht ganz voll zu füllen, weil sonst zu befürchten stünde, daß durch die ausdehnende Kraft des eingeschlossenen Gases, bey vermindertem äussern Luftdruck, die Hülle des Ballons zerplatzte. Auch nimmt man anfänglich so viel Ballast mit, daß der Luftballon nur eine geringe Steigkraft hat, und wirft nach und nach von dem Ballast, wie man sich höher erheben will, weg. Durch die Oeffnung einer an dem obern Theil des Ballons angebrachten Klappe hat es der Luftschiffer in seiner Gewalt, den Ballon durch Auslassung von entzündlichem Gas specifisch schwerer zu machen. Durch beide Mittel zusammen genommen hat man, so lange sie ausreichen, das Ansteigen oder Senken des Luftballons in seiner Gewalt, dagegen ist die horizontale Lenkung bis jetzt ein unaufgelösetes Problem.

Die gefirnißten Hüllen unsrer Luftballons sind nicht von der Art, daß sie das entzündliche Gas für immer zurückhalten, und dieß ist der Grund, warum ein in die Höhe gelassener Luftballon nach und nach von selbst herabsinkt. Es wäre für die Luftschiffahrt schon viel gewonnen, wenn man einen Luftball von der Art bauen könnte, daß er das eingefüllte Wasserstoffgas für immer zurückhielt, und zugleich eine Lenkung in verticaler Richtung zuließ. Es sind hierzu schon mehrere Vorschläge geschehen. Einer der besten scheint der von Prechtl in dem 5ten Band der Jahrbücher des polytechnischen Institituts zu Wien gethane zu seyn. Der Verfasser will über einem nach Art der Ringkugeln verfertigten hölzernen Gerüste, einen Ballon von Kupferblech von 150 Fuß Durchmesser gebauet haben, in demselben soll ein zweiter Ballon mit biegsamer Hülle von 75 Fuß Durchmesser aufgehangen werden. Der Zwischenraum beider Ballons soll mit sehr reinem Wasserstoffgas aus Schwefelsäure und Zink, der Raum des innern Ballons aber mit atmosphärischer Luft gefüllt werden. Durch einen starken Blasebalg kann die Luft des innern Ballons verdichtet und verdünnet werden, und hierdurch ist die verticale Lenkung des Ballons, ohne Verlust an Wasserstoffgas, und ohne Auswerfung von Ballast gegeben. Die Steigkraft des Ballons berechnet Prechtl auf 10428 Pf.

Unter die merkwürdigsten Luftreisen in wissenschaftlicher Hinsicht gehören die von Sacharov in Petersburg und von Biot und Gay Lüsac in Paris unternommenen. Letztere allein erreichte die größte Höhe zu der ein Mensch von

der Erde bisher angestiegen ist, 21600 pariser Fuß über der Meeresfläche.

Art der Verbreitung elastischer Flüssigkeiten unter einander.

§. 99.

Nach den Gesetzen der Bewegung fremdartiger in der Luft eingetauchter Körper sollte man erwarten, daß alle in der Atmosphäre befindliche Körper, also auch andere elastische Flüssigkeiten, wenn sie keine chemische Anziehung gegen die atmosphärische Luft besitzen, sich nach ähnlichen Gesetzen in derselben verbreiteten. So verhält es sich aber, wenn wir die Erfahrung zu Rath ziehen, nicht. Die durch die Wirkung der Wärme an der Oberfläche der Erde und besonders der Meere sich bildenden Wasserdämpfe sind ein viel leichteres Fluidum als die atmosphärische Luft, sie steigen aber nicht in derselben so lange an, bis sie mit der umgebenden Luft einerlei Dichte haben, sondern sie verbreiten sich vielmehr durch die ganze Atmosphäre, und ihre Dichte und Spannkraft hängt nicht von der Dichte und Spannkraft der umgebenden Luft, sondern nur von der herrschenden Temperatur ab. Lässet man Wasserdämpfe in einem eingeschlossenen Raum voll Luft tretten, so erhöhet sich die Spannkraft der Luft gerade um so viel, als die Spannkraft der Wasserdämpfe beträget, wenn sie sich bey gleicher Temperatur im luftleeren Raume gebildet hätten, und die Dämpfe sind gleichförmig durch den Raum verbreitet. Z. B. Es betrage die Spannkraft einer eingeschlossenen trocknen Luftmasse bey einer Temperatur von + 15° R 27 Zoll Quecksilbersilberdruck, man lasse zu dieser Luft so viel Wasserdampf, als sie aufnehmen kann, so wird der

Elasticitätsmesser auf 27,68 Zoll steigen. Es beträgt aber die Spannkraft der Wasserdämpfe im luftleeren Raume bey 15° genau 0,68 Zolle. Aehnliche Erscheinungen treten ein, wenn sich Gasarten mischen, die nicht chemisch auf einander wirken.

Man hat merkwürdige Versuche über die Vermischung verschiedener Gasarten auf folgende Weise angestellt. Man denke sich zwei gläserne Kugeln A, B, jede mit einem besondern Gas von gleicher Spannkraft aber verschiednem specifischen Gewicht angefüllt, A enthalte das leichtere, B das schwerere Gas. Verbindet man beide Kugeln durch eine enge Röhre so mit einander, daß das leichtere Gas A, oben hin zu stehen kommt, und erhält die Temperatur möglichst gleichförmig, so wird man dem ungeachtet gewahr werden, daß nach einiger Zeit (kürzer, oder länger, je nach dem die Verbindungsröhre weiter oder enger war) die Gasarten in beiden Räumen sich gleichartig gemischt oder gemengt haben. Hieraus wird zwar begreiflich, warum die verschiednen Bestandtheile unsrer Atmosphäre, so weit sie bis jetzt bekannt sind, nämlich Sauerstoffgas, Stickgas, kohlensaures Gas und Wasserdämpfe, obgleich von sehr verschiedenem specifischen Gewicht, doch gleichförmig gemischt sind; aber die Erklärung dieser Erscheinung bleibt immer vielen Schwierigkeiten unterworfen.

Der englische Naturforscher Dalton fand sich bewogen, aus diesen Erscheinungen die Folge zu ziehen: die Theilchen verschiedner Gasarten wirkten zwar abstossend auf sich und auf feste sie beschränkende Körper, aber nicht wechselsweise auf einander. Da indessen dieser Satz den allgemeinen Bewegungsgesetzen träger Körper, wie wir uns doch die Gasarten denken müssen (denn ein Strom eines Gases stösset jedes andere Gas aus der Stelle), widerspricht, so möchte er schwerlich allgemeinen Beyfall erhalten. Sollten vielleicht alle Gasarten, über deren Stetigkeit der Raumserfüllung wir wegen der großen Durchsichtkeit gar nicht urtheilen können, strahlende Flüssigkeiten, aus festen Theilchen bestehend, seyn, die durch die Wirkung der strahlenden Wärme und durch ihre Verdichtung um jene Theilchen in bestimmten Entfernungen aus einander gehalten werden, so ließ es sich wohl begreifen, wie in demselben Raume mehrere Flüssigkeiten zugleich sich strahlend bewegen könnten, bis endlich die Theilchen einander so nahe kommen, daß sie innerhalb

ihrer wechselseitigen Anziehungssphäre fallen, und sich zu festen, oder tropfbar flüssigen Körpern verdichtend ausscheiden. Sollte es sich bestättigen, daß die Mischung zweier Gasarten, durch Hinzukunft einer dritten, ohne chemische Wirkung, blos auf mechanische Weise getrennt werden könnte (man will gefunden haben, daß die Seeluft weniger kohlensaures Gas enthalte, wegen der in ihr befindlichen salzsauren Dämpfe, als die Luft über dem festen Land), so möchte dieß eine Stütze für unsre Ansicht geben.

Sechster Abschnitt.

Von den mit einem Schall begleiteten Schwingungen der Luft und anderer elastischer Körper.

---

§. 100.

Jeder sinnliche Eindruck, welchen wir durch das Organ des Gehöres wahrnehmen, heißt ein Schall. Der Schallarten giebt es unzählig viele, welche sich besser empfinden, als beschreiben lassen, wie schon die folgenden verschiednen Bezeichnungen beweisen. Knall, Laut, Klang, Ton, Geräusche, Gepolter, Geklapper, Brausen, Sausen, Zischen, Knarren, Pfeiffen, Rollen u. s. w. Knall heißt ein mit einer plötzlichen und starken Erschütterung des Gehörorgans verbundener Schall, Laut der durch die menschliche oder thierische Stimme hervorgebrachte Schall, Klang heißt insbesondere die durch tönende Metalle hervorgebrachte Gehörempfindung, Ton nennen wir einen solchen Klang oder Laut, worin wir eine bestimmte Höhe oder Tiefe wahrnehmen. Die übrigen Schallbezeichnungen [illegible]nehmen wir nicht zu definiren. Zur Wahrnehmung [illegible] Schalles gehöret, 1) der Schall hervorbringende oder [illegible]de Körper; 2) ein Mittel, welches den Schall zu dem

Ohre fortpflanzt; 3) die besondere Affection des Gehörorgans selbst, wodurch wir den Schall wahrnehmen. Die Akustik oder Lehre von dem Schall im Allgemeinen hat daher die Gesetze der schallenden Körper, die Gesetze der Fortpflanzung des Schalles und endlich die Veränderungen, welche der Schall in unserm Gehörorgan hervorbringt, nachzuweisen.

Die Luft ist fast ausschließlich das Mittel, wodurch der Schall zu unserm Ohr fortgepflanzet wird, oft auch der tönende Körper selbst. Dieß mag es rechtfertigen, warum gerade am Ende des vorstehenden Abschnitts von den Gesetzen der schallenden Körper gehandelt wird.

Erregung des Schalles.

§. 101.

Man kann sehr leicht durch Versuche zeigen, daß jeder schallende Körper sich in einer schnellen zitternden oder hin- und herschwingenden Bewegung befindet, und da nur elastische Körper fähig sind, im Ganzen sowohl, wie in ihren einzelnen Theilen eine schwingende Bewegung anzunehmen, so sind sie auch nur die tönenden Körper.

Die tönenden Körper sind entweder schwingende physische Linien, wie die Saiten auf den musicalischen Instrumenten, oder schwingende Flächen, wie die gespannten Paucken und Trommelfelle, oder eigentlich schwingende Körper, wie bey dem Klange der Glocken und der metallenen Stäbe, bey den tönenden Schwingungen der Luft in unsern Blaseinstrumenten, und bey der Fortpflanzung des Schalles durch die Luft, oder durch andere Körper. Bis jetzt sind die transversalen Schwingungen tönender Saiten am vollständigsten erforschet. Versuche zur Sichtbarmachung der tönenden Schwingungen elastischer Saiten lassen

auf folgende Weise anstellen. Man nehme eine Darm- oder Metall-Saite, spanne sie in horizontaler Richtung, am besten so, daß man eins ihrer Enden befestiget, das andere über eine Rolle führet, und so lange mit Gewichten beschwert, bis die Saite mit einem Violinbogen angestrichen einen hörbaren Ton giebt. Nach diesen Vorbereitungen behänge man die Saite hier und da ihrer Länge nach mit leichten Papierschnitzeln. So wie man die gehörig gespannte Saite durch Anstreichen ihrer Mitte stark tönen lässet, fahren alle Papierschnitzeln von ihr weg, die gegen die Mitte befindlichen mit der größten Geschwindigkeit. Die gespannte Saite AB Fig. 91 kommt hierbey nach folgenden Gesetzen in Schwingungen. Wenn die Saite durch mechanische Gewalt aus der geraden Richtung AB, in die krumme AFEHB gebracht, und daher gedehnt worden ist, so bestrebt sie sich vermöge ihrer Elasticität (deren Größe der spannenden Kraft gleich gesetzt werden muß) wieder in die vorige Lage zurück zu begeben, und zwar dermaaßen, daß die einzelnen Puncte FEH alle zugleich an den Stellen G, C, K anlangen. Daher müßen die einzelnen Stellen durch Kräfte getrieben werden, welche sich unter einander wie die respectiven Entfernungen FG, EC, KH verhalten. In AB angelangt kann die Saite nicht ruhen, sondern weicht vermöge ihrer erhaltenen Beschleunigung nach der entgegengesetzten Richtung ADB aus. So dauern die Hin- und Her-Schwingungen mit abnehmender Weite, aber gleichförmig fort, bis endlich die Saite zur Ruhe kommt.

Da nun eine [illegible] Saite durch Kräfte getrieben wird, welche [illegible] Gesetze [illegible] [illegible] in einer Secunde oder [illegible] [illegible] [illegible]. [illegible]

Schwingungszeiten der Saiten auch ähnliche Regeln, wie bey dem Pendel, gelten.

Nun haben wir gesehen, daß sich die Schwingungszeiten verschiedner Pendel (§. 62), wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel, dividiret durch die beschleunigenden Kräfte, verhalten. Wenden wir dieses Gesetz auf die schwingenden Saiten an, und bedenken, daß hier die beschleunigenden Kräfte den spannenden Kräften, dividiret durch die Massen der Saiten (wofür man bey gleichartigen Saiten die Produkte aus den Längen in die Quadrate der Durchmesser schreiben kann), die Längen der Saiten aber den Längen der Pendeln entsprechen; so können wir die Folge ziehen, daß sich die Zeiten der Schwingungen gleichartiger Saiten von verschiedner Länge, Dicke und Spannung direct wie Längen und wie die Durchmesser, aber verkehret wie die Quadratwurzeln aus den spannenden Kräften verhalten. Oder die Zahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeit verhält sich verkehret wie die Länge und Dicke der Saite, und direct wie die Quadratwurzel aus der spannenden Kraft.

Die ganze Zeitdauer der Schwingung einer Saite in Secunden giebt der Ausdruck $T = \frac{1}{67{,}43} \sqrt{\left(\frac{M}{S}\right)} \,.\, L$, wo M Masse, S Spannung, L Länge der Saite und die Zahl 67,43 das Produkt aus dem Kreißverhältniß in die Länge des Secundenpendels in pariser Linien bezeichnen.

Eine gespannte Saite kann nicht blos im Ganzen, sondern auch nach einzelnen Theilen schwingen, wie z. B. Fig. 92. Dann kemmt nur die Länge jedes einzeln schwingenden Theiles in Betrachtung. Die hierbey in Ruhe bleibenden Puncte wie C heißen Schwingungsknoten, sie bilden sich, wo man einen Punct einer gespannten Saite festhält oder dämpft, zuweilen aber auch ohne dieß von selbst durch die Art des Ton's welchen die schwingende Saite angiebt.

§. 102.

Auf eine ähnliche Weise wie die gespannten Saiten schwingen die elastischen Flächen, wenn sie tönen, dabey bilden sich tönende Zonen oder Sectoren, und zwischen ihnen ruhende Linien, die sich nach der Art des Tones schneiden oder unter einander parallel laufen. Die Art dieser Schwingungen, und der dazwischen liegenden Linien dem Auge permanent sichtbar zu machen, lehrte uns Chladni durch seine Entdeckung von den sogenannten Klangfiguren. Man gebe einer gleichförmig dicken (überhaupt nicht zu starken) Glasscheibe die Gestalt eines Quadrat's von 3 — 6 Zoll in der Seite, schleife die scharfen Ränder desselben matt, halte die Scheibe, nachdem man sie vorher gleichförmig mit Sand bestreuet hat, in wagrechter Lage zwischen zwey Fingerspitzen an einem Puncte, durch welchen eine oder mehrere Knotenlinien gehen sollen, und bestreiche sie mit einem geharzten Bogen am Rande ausserhalb einer Knotenlinie. Die Scheibe wird sich in tönende Zonen, Hälften, Viertheile, Sechstheile u. s. w. theilen, die um ruhenden Linien nach entgegengesetzten Richtungen schwingen; der Sand fähret dabey von den schwingenden Theilen weg, auf die ruhenden oder Knotenlinien, und bildet dadurch die sogenannten Klangfiguren. Fig. 93 I bis V stellen einige der einfachsten Klangfiguren dar; a bezeichnet die zwischen den Fingern gehaltne Stelle, b die angestrichne des Randes. (Zuweilen muß man beide Stellen ein wenig verändern, um den Ton und die Figur möglichst rein zu erhalten.) Je mehr schwingende Zonen sich bilden, desto höher fället der Ton aus; so gehören die Figuren I u. II zu tiefern, III u. IV zu ...ern Tönen. Fig. V ist ein blose Abänderung des To-

nes Fig. IV, wobey die geraden Knotenlinien in krumme übergegangen sind.

Wer sich näher über diesen interessanten Theil der Akustik unterrichten will, den verweisen wir auf Chladni Entdeckungen über die Theorie des Klanges Leipzig 1787, so wie auf dessen Akustik Leipzig 1804 und die Beiträge dazu Leipzig 1817.

Schwingungen elastischer Stäbe, Glocken und ähnlicher Körper.

§. 103.

Stäbe von elastischen Metallen, Glas, Holz und dergleichen schwingen nach etwas andern Gesetzen als Saiten, weil ihre Elasticität sich nicht blos nach Schwingungen der Länge, sondern nach allen drei körperlichen Dimensionen zugleich äussert.

Man nehme einen prismatischen Stab von Glas, Metall oder einer andern elastischen Materie, halte ihn an einem Ende fest, und schlage oder streiche ihn unter einem rechten Winkel an, daß er töne, so wird er in transversale Schwingungen gerathen, wie Fig. 94 I. Liegen die beiden Enden des Stabes frei, so schwingt er wie Fig. 94 II, sind seine beiden Enden befestiget, so haben die Schwingungen die Gestalt Fig. 94 III. Die Zahl der Schwingungen zweier Stäbe von einerlei Materie, die auf ähnliche Art schwingen, verhalten sich bey gleicher Länge verkehret wie ihre Dicken, bey gleichen Dicken verkehret wie die Quadrate der Längen.

Es können auch einzelne Theile eines Stabes für sich schwingen, indem sich zwischen ihnen Schwingungsknoten bilden.

Die Zahl der Schwingungen und somit die Höhe der Töne wächset dann in dem Verhältniß der Quadratzahlen der schwingenden Theile. Die Breite der Stäbe hat keinen Einfluß auf die Anzahl der Schwingungen. Tönende elastische Ringe und Glocken (indem bey letztern nur die gegen den Rand hin liegenden Zonen schwingen) folgen ähnlichen Gesetzen wie die schwingenden Stäbe.

Längenschwingungen tönender Saiten und Schwingungen der Luft in den Blaseinstrumenten.

§. 101.

Wenn man eine Saite unter einem sehr spitzigen Winkel auf die Richtung ihret Länge anstreicht, so dehnt und zieht sie sich abwechselnd ihrer Länge nach zusammen, und wenn diese Schwingungen schnell genug auf einander folgen, so giebt die Seite Töne an, welche sich von den durch transversale Schwingungen, bey gleicher Länge, Dicke und Spannung der Saite erzeugten sehr unterscheiden, sie sind in der Regel viel höher. Chladni hat diese Art Töne zuerst näher untersucht.

Auf ähnliche Art schwingen die Luftsäulen in den Blaseinstrumenten. Wenn der Wind in die Pfeiffe gestossen wird, so presset er die in derselben enthaltne Luftsäule zusammen, welche sich vermöge ihrer Elasticität wieder ausdehnt, und so in Schwingungen der Länge nach geräth. Die Länge der schwingenden Luftsäule hat auf die Höhe des Tons einen wesentlichen Einfluß, indem dieselbe desto größer ausfällt, je kürzer die schwingende Luftsäule ist, doch bestimmt sich die Höhe des Tons nicht allein hierdurch,

sondern auch die durch Art des Einblasens. Je enger die Oeffnung ist und je schneller man in dieselbe bläset, desto höher fällt der Ton aus, wovon man sich leicht durch das Pfeiffen mit dem Munde überzeugen kann.

Jede plötzliche Ausdehnung und Wiederzusammenziehung der Luft ist mit einem hörbaren Schall verknüpft. Man nehme eine kleine Glaskugel, etwa 1 Zoll im Durchmesser haltend, welche vor der Schmelzlampe in eine Spitze ausgezogen worden ist, erwärme die Kugel stark und schmelze die Spitze zu. Lässet man die Kugel von einer mäßigen Höhe herabfallen, daß sie zerbricht, so geschieht dieß mit einem heftigen Knall. Durch die vorgängige Erwärmung der Kugel wurde die Luft in derselben stark verdünnt, und die äussere Luft dringt mit Heftigkeit in diesen Raum, und wird dadurch in schallende Schwingungen versetzt. Ein durch plötzliche Zusammenpressung der Luft hervorgebrachter Knall kann auf folgende Weise erzeugt werden. Man nehme eine ähnliche, nur ein paar Linien im Durchmesser haltende Glaskugel, erwärme sie und tauche die Oeffnung der Spitze schnell unter Wasser, es tritt durch den Druck der äussern Luft, etwas Wasser in den innern Raum der Kugel, darauf schmelze man die Spitze vorsichtig, ohne die Kugel zu erwärmen, vor der Lampe zu. Steckt man ein so zubereitetes Kügelchen mit seiner Spitze in den Docht einer brennenden Kerze, so zerspringt es bald, indem sich das eingeschlossene Wasser in Dämpfe verwandelt, mit einem heftigen Knall. Der Versuch erfordert, wegen der auseinander fahrenden Glassplitter, Vorsicht. Er dienet zur Erläuterung dessen, was bey der Entzündung des Schießpulvers in unsern Feuergewehren vorgeht, so wie überhaupt der heftigen Explosionen, welche durch die Entzündung des Knallgoldes, Knallsilbers und ähnlicher knallenden Substanzen hervorgebracht werden. Denn in allen diesen Fällen sind es plötzlich sich entwickelnde elastische Flüssigkeiten, die die umgebende äussere Luft heftig zusammenpressen.

---

§. 105.

Auch der wundervolle Bau der menschlichen Stimme, und der dazu dienenden Organe, der Kehle, dem Kehl-

kopf mit der Stimmritze und ihren elastischen Bändern und der Klappe sind darauf berechnet, die Luft in tönende Schwingungen zu versetzen. Indem die Luft aus der Lunge durch die sich verengenden Stimmritze mit mehrerer oder minderer Heftigkeit gestossen wird, kommen nicht blos der obere Theil der Kehle mit den Wänden des Kehlkopf's und den elastischen Bändern der Stimmritze und der Klappe in schwingende Bewegung, sondern die tönenden Schwingungen theilen sich auch der herausgestossenen Luft selbst mit, welche denn durch die Bewegungen der Zunge, der Lippen, der Zähne auf mancherlei Weise modificiret und articuliret werden, wie dieß Jeder selbst leicht bey dem Sprechen an sich wahrnehmen kann. Eben daher hängt auch die Höhe und Tiefe, die Stärke und Schwäche der menschlichen Stimme nicht blos von der Einrichtung des Organs, sondern auch von der Beschaffenheit der umgebenden Luft ab. In Wasserstoffgas wird die Stimme höher, in verdichteter Luft stärker, in verdünnter schwächer; und in dem absolut leeren Raume würde so wenig eine Stimme wie überhaupt ein Schall möglich seyn.

Von dem Hörbaren der Töne, der Höhe und Tiefe derselben und den Tonverhältnissen.

§. 105.

Wenn die Schwingungen einer gespannten Saite oder eines elastischen Stabes so langsam erfolgen, daß sie dem Auge sichtbar sind und sich zählen lassen, so sind sie mit keinem wahrnehmbaren Ton begleitet. Verkürzt man die Saite bey gleicher Spannung, so vermehren sich ihre Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse der Länge und sind endlich mit einem wahrnehmbaren Tone, und zwar dem tiefsten, welchen die Saite angeben kann, begleiten

Verkürzt man die Saite immer mehr, oder vergrößert man ihre Spannung bey gleicher Länge, so nimmt die Zahl der Schwingungen und die Höhe der Töne zu, bis sie sich endlich in ein schneidendes Geräusch verlieren. Die Gränzen der für unser Ohr wahrnehmbarer Töne und die gehörige Anzahl von Schwingungen in einer Secunde setzt man nach Le Sauveur auf 25 bis 12800, nach Euler auf 40 — 8000. Andere erweitern diese Gränzen von 30 bis zu 30000.

§. 106.

Es erhellet von selbst, daß nicht alle zu jener großen Mannigfaltigkeit von Schwingungen gehörigen Töne für unser Ohr angenehm, oder auch nur deutlich unterscheidbar seyn können. Man schränkt sich daher in der Musik auf gewisse Verhältnisse ein, wovon folgende die einfachsten sind.

Nennet man den tiefsten Ton, welchen eine Saite angiebt, oder den Grundton = 1, ohne sich um die absolute Anzahl der dazu gehörigen Schwingungen zu bekümmern, so heißt derjenige Ton, zu welchem noch einmahl so viel Schwingungen gehören, die Octave = 2.

Zwischen diesem einfachsten aller Tonverhältnisse pflegt man nach der gewöhnlichen Tonleiter 6 Töne einzuschieben in folgender Ordnung

C	D	E	F	G	A	H	c
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

Die Nahmen derselben sind von dem Grundton angerechnet Secunde, große Terz, Quarte, Quinte, Sexte, Septime, Octave. Die Verhältnisse dieser Töne unter einander sind nicht gleich und lassen sich durch folgende Zahlen darstellen.

. $\frac{8}{9}$ = ... = $\frac{...}{10}$; $\frac{5}{4}$: $\frac{4}{3}$ = $\frac{...}{16}$

. $\frac{...}{...}$ = ... = $\frac{9}{10}$; $\frac{5}{3}$: $\frac{15}{8}$ = $\frac{8}{9}$

$\frac{...}{...}$ = $\frac{15}{16}$.

Die kleinsten Intervalle zwischen der Terz und Quart, Septime und Octave heißen halbe Töne, die übrigen ganze Töne.

Versuche mit dem Monochorde zur Erläuterung der eben folgenden Sätze. Man nehme eine gleich dicke Saite und spanne sie dermaaßen, daß sie im Ganzen schwingend den Grundton gebe; setzt man darauf einen beweglichen Steg in ihre Mitte, so giebt jede Hälfte der Saite die höhere Octave. Theilt man die Saite durch den Steg in 3, 4, 5 u. s. w. Theile, so werden $\frac{2}{3}$ der Saite die Quinte, $\frac{3}{4}$ die Quart, $\frac{4}{5}$ die große Terz u. s. w. vom Grundtone geben.

In der Musik hat man, um die Ungleichheit der eben angegebenen Intervallen zu mindern, und sie überhaupt kleiner zu machen, mehrere Zwischentöne eingeführet, welche man erhält, wenn man das Intervall eines jeden Tones um $\frac{1}{21}$ erhöht oder vertiefet. Hierdurch erhält man 22 Töne in der Octave. Lässet man den durch Erhöhung des niedrigern, und durch Vertiefung des höhern Tons entstandnen Zwischenton für einen gelten, so erhält man 12 Töne in der Octave, oder die sogenannte chromatische Tonleiter.

Da indessen auch hierbey die Verhältnisse noch ungleich sind, und diese Ungleichheit besonders auffallend wird, wenn man von einem andern Grundton ausgehend durch mehrere Octaven ansteigt, so haben manche, wie Lambert, vorgeschlagen, das Verhältniß der Octave 1 : 2 in zwölf gleiche geometrische Verhältnisse zu theilen, wodurch alle dazwischen fallende Töne irrationale Zahlen werden, welcher Vorschlag indessen, so viel uns bekannt ist, keinen Beyfall bey den praktischen Musikern gefunden hat.

§. 107.

Die Erfahrung lehret, daß manche Töne zu gleicher Zeit gehöret einen angenehmen Eindruck in uns veranlassen, andere dagegen nicht; erstere nennet man consonirende, letztere dissonirende Töne. Die vollkommenste Consonanz

bildet der Grundton mit der höhern Octave, wobey immer zwei Schwingungen der. letztern mit einer der erstern zusammen fallen. Man sucht daher die Ursache der Consonanz und Dissonanz der Töne überhaupt in dem mehr oder minder einfachen Verhältnisse der zu gleicher Zeit entstehenden Tonschwingungen zu einander. Ja manche Philosophen sind so weit gegangen, daß sie alle angenehmen Gefühle, welche die Musik durch eine wohlgefällige Verbindung und Folge der Töne, durch Harmonie und Melodie, in uns erreget, aus einer rechnenden Vergleichung der tönenden Schwingungen, welche die Seele ohne klares Bewußtseyn vornehme, herleiten wollten.

Fragen wir nach einem weitern Grund jener angenehmen oder auch unangenehmen Gefühle, welche die Tonkunst in uns zu erregen vermag, so ist derselbe wohl in der physischen Beschaffenheit unsers Gehörorgans selbst, so wie in der gewohnten Weise unsers Gefühl- und Empfindungsvermögens zu suchen.

§. 108.

Die Erfahrung lehret ferner, daß nicht alle Töne von gleicher Höhe dieselbe Empfindung in uns veranlassen. Der Ton einer Saite, einer Glocke, einer Trommel sind ganz verschiedne Empfindungen, wenn gleich das Zahlverhältniß der Schwingungen bey allen dasselbe ist. Worin die Verschiedenheit lieget, ist noch nicht bekannt. Daß ausser der Zahl der Schwingungen eines tönenden Körpers, auch die Kraft und Stärke womit er schwingt, die Weite der Schwingungen und dergleichen mehr auf unsre Empfindung Einfluß haben mögen, ist wahrscheinlich.

Fortpflanzung des Schalles durch die Luft und andere Körper.

§. 109.

Wenn wir uns einen schallenden Körper, wie es fast immer der Fall ist, mit Luft umgeben denken, so muß dieselbe rund um den schallenden Körper durch seine Ausschwingungen zusammengepresset werden, und sich sogleich wieder ausdehnen, wie jene Schwingungen nachlassen, oder vielmehr in die entgegengesetzten übergehen. Die Luft wird daher in eine ähnliche und gleichzeitige schwingende Bewegung mit dem schallenden Körper gesetzt, die darin besteht, daß sich die Lufttheilchen rund um den schallenden Körper bis auf eine gewisse Weite hin abwechselnd zusammenpressen und wieder ausdehnen. Man hat diese schwingende Bewegung der Luft Schallwellen genannt, weil sie manches ähnliche mit der wellenförmigen Bewegung des Wassers hat. Der Unterschied zwischen den Schallwellen der Luft, die in ihr durch Mittheilung des Schalles von andern Körpern, und denjenigen, die durch Erregung des Schalles in ihr selbst entstehen, liegt darin, daß bey jenen die größte Geschwindigkeit der schwingenden Luft mit der größten Geschwindigkeit des ursprünglich schallenden Körpers, also mit ihrer größten Zusammenpressung, bey diesen aber die kleinste Geschwindigkeit der Luft mit der größten Verdichtung zusammen fällt.

Die Schallwellen pflanzen sich mittelst der Luft wieder andern Körpern, und so auch unserm Ohr mit, wodurch überhaupt der Schall für uns wahrnehmbar wird.

Versuche zur Erläuterung des Vorstehenden mit der Luftpumpe. Siehe §. 89.

Geschwindigkeit des Schalles.

§. 110.

Um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher

sich der Schall durch die Luft fortpflanzt, ist man wie folgt verfahren. An einem erhabenen Standorte, dessen Entfernung von der Beobachtungsstelle man genau gemessen hatte, wurde Geschütz aufgepflanzt, welches in verabredeten Pausen hinter einander abgefeuert wurde; indessen der Beobachter die Zeiten, welche zwischen dem Erscheinen des Pulverblitzes und dem Hören des Knalles verflossen, mit der größten Schärfe in Secunden und Theilen derselben, durch Zählung von Pendelschlägen oder mittelst einer guten Uhr bestimmte. Die bekannte Weite durch die beobachtete Zeiten dividiret, giebt die Geschwindigkeit des Schalles. Dabey müssen die Stände des Barometers, Thermometers, Hygrometers, so wie die Richtung und Stärke des Windes angegeben werden.

Auf die Weise haben 1738 Cassini zu Paris, Benzenberg 1809 zu Düsseldorf, Arrago, Humboldt, Mathieu und Prony 1822 abermals zu Paris Beobachtungen mit aller Vorsicht angestellt. Aus den zuletzt genannten Versuchen ergab sich die Geschwindigkeit des Schalles bey einer Temperatur von + 17,6'' Centes. 174,7 Toisen = 1048,2 par. Fuß in einer Secunde. Bringt man diese Zahl, indem man für jeden Grad des Thermometers die Geschwindigkeit um 0,32 Toisen mindert, auf die Temperatur der Eiskälte, so erhält man 169 Toisen = 1014 par. Fuß für die Geschwindigkeit des Schalles in einer Secunde. Aus den Beobachtungen hat sich zugleich ergeben, daß die Geschwindigkeit des Schalles von der Stärke und Höhe desselben, so wie von dem Barometerstand unabhängig ist, dagegen wird sie durch die Wärme vermehret. Der Wind vergrößert die Geschwindigkeit des Schalles, wenn seine Richtung mit der des Schalles zusammen fället.

Theoretische Untersuchungen über die Geschwindigkeit des

Schalles hat schon Newton angestellt, und dafür den Ausdruck $\sqrt{2gH}$ gefunden, welches durch die Untersuchung neuerer Mathematiker bestättiget werden ist. H bezeichnet die Höhe der Luftsäule von gleicher Dichte und Spannkraft mit der Atmosphäre an der Beobachtungsstelle, g den Fallraum in einer Secunde. Die Rechnung giebt für einen Barometerstand von 28 Zoll und die Temperatur der Eiskälte eine Geschwindigkeit von 887 Fuß, also 127 Fuß geringer als die Beobachtung. Diesen Unterschied zwischen der Theorie und der Erfahrung hat La Place aus der durch die Schwingungen erzeugten Temperaturerhöhung der Luftwellen erkläret.

Chladni hat die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles, mit den Längenschwingungen einer Luftsäule in den Orgelpfeiffen verglichen, und dabey die merkwürdige Uebereinstimmung gefunden, daß der Schall sich in derselben Zeit auf eine gegebene Weite fortpflanzt, in welcher eine Luftsäule von gleicher Länge und Spannung eine Längenschwingung macht, welchen Satz man auch mit Erfolg auf die Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalles in andern Gasarten und in festen Körpern angewendet hat.

Pflanzt sich der Schall nach allen Richtungen in der verticalen, wie in der horizontalen mit gleicher Geschwindigkeit und Stärke fort? Giebt es Stellen in der schallenden Luft, wo man den Schall nicht höret? Findet bey der Fortpflanzung des Schalles so etwas wie bey der Polarisation des Lichtes Statt? Dieß sind Fragen, welche weitere Beobachtungen entscheiden müssen.

Fortpflanzung des Schalles durch feste elastische Körper.

§. 111.

Daß der Schall sich auch durch feste elastische Körper fortpflanze, beweißen viele Erfahrungen. Man verstopfe z. B. beide Ohre mit Baumwolle, daß man den Schlag einer Taschenuhr auf gewöhnlichem Wege durch die Luft nicht mehr höre, nehme ein trocknes Stäbchen von tannen Holz zwischen die Zähne und berühre mit dem andern Ende des Stäbchens das Gehäuse der Taschen-

uhr, so wird der Schall wieder zum Vorschein kommen, indem er sich durch das Stäbchen, die Zähne und den Schädel zu dem in dem Schläfeknochen liegenden innern Theil des Gehörorgans fortpflanzet. Versuche über die Geschwindigkeit, womit sich der Schall durch feste Körper fortpflanzet, hat zuerst Wünsch, später Biot angestellt. Letzterer fand, indem er eine kleine Glocke an der Mündung einer 2927 Fuß langen eisernen Röhrenleitung so aufhieng, daß ein Hammerzug zugleich an die Glocke und an die Wand der Röhrenleitung anschlug, die Fortpflanzung des Schalles durch die eiserne Röhrenwand 10½ mahl so geschwind als durch die in der Röhrenleitung eingeschlossene Luft. Chladni hat aus der Vergleichung der Tonhöhe fester Körper, die sich in Längenschwingungen befinden, mit dem Ton einer schwingenden Luftsäule von gleicher Länge mit den festen Körpern die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in den festen Körpern (siehe §. 110) berechnet, und gefunden, daß sich der Schall im Zinn 7½ mahl, im Silber 9 mahl, im Kupfer 12 mahl, im Eisen und Glas 17 mahl geschwinder als in der atmosphärischen Luft fortpflanze. La Place hat folgenden theoretischen Satz aufgestellet: man findet die Geschwindigkeit des Schalles in jedem elastischen Körper (fest oder flüssig), wenn man die Größe, um welche sich die Einheit des körperlichen Raumes von einer bestimmten Materie durch das eigne Gewicht derselben dehnt oder zusammpresset, in die Beschleunigung der Schwere (in gleichem Maaß ausgedruckt) dividiret, und aus dem Quotienten die Quadratwurzel zieht. Z. B. Nach Canton wird das Wasser durch den Druck der Atmosphäre um 0,0000425 seines Raumes zusammengepresset, folglich würde die Zusammenpressung eines Cubikfußes Wasser durch sein eigenes Ge-

wicht $\frac{0,0000425}{32} = 0,00000133$ und die Geschwindigkeit des Schalles im Wasser nach La Place $\sqrt{\left(\frac{30}{0,00000133}\right)}$ $= 4749$ Fuß in der Secunde betragen.

Tralles hat gewiesen wie die Formel von La Place für die Geschwindigkeit des Schalles aus der Newtonischen $= \sqrt{2gH}$ abgeleitet werden kann. Denkt man sich einen Cubikfuß Luft von der Dichte der atmosphärischen durch sein eigenes Gewicht zusammengepresset, so wird die Verminderung seines Raumes durch das Verhältniß $\frac{H}{H+1} = 1 - E$ dargestellet werden, wenn E die Größe der Zusammenpressung bezeichnet. Hieraus folgt $H = \frac{1}{E} - 1$, oder, weil $\frac{1}{E}$ gegen 1 sehr groß ist, $H = \frac{1}{E}$, welcher Werth für H in die newtonische Formel geschrieben, den Ausdruck von La Place giebt.

Von der Reflexion des Schalles und der Verstärkung desselben durch Reflexion.

§. 112.

Man kann sich leicht durch Beobachtungen überzeugen, daß die geradlinige Fortbewegung des Schalles, die sogenannten Schallstrahlen, wenn sie auf feste, und hinlänglich dichte Körper treffen, nach ähnlichen Gesetzen zurückgeworfen werden, wie die Bewegungen elastischer Körper überhaupt. Hierauf gründet sich die Construction der akustischen Säle, der Sprachgewölben, der Sprachröhren, Hörröhren und dergleichen mehr.

Es bezeichne ABCD Fig. 95 einen elliptisch gebaueten

Saal oder Sprachgewölbe. Wenn eine Person sich in dem einen Brennpunct F des Gewölbes befindet und auch nur leise spricht, so wird sie von einer andern in dem entgegengesetzten Brennpuncte f stehenden deutlich vernommen werden, weil alle Schallstrahlen von F ausgehend, und dem Gesetze der Reflexion folgend, in F wieder beysammen sind.

Wäre das Gewölbe bey A parabolisch, so würden alle in F erregte Schallstrahlen mit der Axe AC parallel hinausfahren. Wäre hingegen das Gewölbe kreisförmig, so würden alle in dem Mittelpuncte M hervorgebrachten Schallstrahlen, durch die Reflexion auch wieder in denselben Punct zurückkehren u. s. w.

Die sogenannten Sprachröhren sollen dazu dienen, den zu ihrer Mündung hineingesprochnen Schallstrahlen durch die Reflection von ihren Wänden die divergirende Richtung zu benehmen; und in eine mit der Axe des Sprachrohres parallele, oder wenigstens minder divergirende zu verwandeln. Lambert hat gezeigt, daß dazu die einfache conische Gestalt des Sprachrohres hinreicht, wenigstens eben soviel leistet, als die von andern vorgeschlagene elliptisch-parabolisch gekrümmte Figur, weil es nicht möglich ist, die zu dem Sprachrohr hineingesprochnen Töne, alle von einem Puncte ausgehend zu machen. Man gebe nach Lambert einem Sprachrohr bey einer Länge von 52 Zolle zum weitern Durchmesser 13 Zoll, zum engern 1½ Zoll.

Den akustischen Röhren, deren sich harthörende Personen mit Vortheil bedienen, giebt man am beßten eine parabolische Gestalt wie Fig. 96. Das gekrümmte Ende m des Hörrohres wird durch den Gehörgang auf das Trommelfell gebracht, damit die zur weitern Oeffnung O einfallende

[illegible]

[illegible]

[illegible] Gegentheils nicht, sondern es entsteht durch [illegible] nur ein unangenehmes [illegible].

Von der Einrichtung des Gehörorgans, und insbesondere des menschlichen Ohres.

§. 115.

Man kann das Ohr in das äussere, mittlere und innere abtheilen. Zu ersterm rechnet man die Muschel und den Gehörgang bis zu dem Pauken- oder Trommelfell, zu dem andern die Paukenhöhle nebst den in ihr liegenden Gehörknöchelchen, zum innern und wesentlichsten Theil des Gehörorgan's gehöret das Labyrinth, nebst dem in ihm sich erzeugenden Gehörnerven.

Die Muschel AA Fig. 97 b ist ein knorplichter, bey verschiednen Menschen mehr oder weniger hervorstehender Muskel, welcher in der Mitte eine muschelförmige Vertiefung hat, die zu dem Gehörgang AB führt. Dieser ist hinten durch das Trommelfell BD geschlossen, welches ihn in schiefer Richtung von oben nach unten durchschneidet. Hinter dem Trommelfell in der sogenannten Pauckenhöhle, welche, so wie das Labyrinth, ganz in dem Schläfeknochen verborgen liegt, befinden sich die drei Gehörknöchelchen a, b, c der Hammer, Ambos und Stegreif genannt. Der Hammer theilet sich gleich einem Winkelhebel in zwei Aermchen, wovon das Ende des einen, der Griff, mit der Spitze des nach innen etwas conisch erhabnen Trommelfelles zusammengewachsen ist. Das dicke Ende a des Hammers ist in den Ambos b eingelenkt, und dieser mit seiner Spitze durch das linsenförmige Bein in den Stegreif c, welcher mit seinem scheibenförmigen Fußplättchen eine Oeffnung des Labyrinth's, das ovale Fensterchen genannt, gleich einer Klappe verschliesset. Die Trommelhöhle ist mit Luft erfüllet, von der Dichte und Spannkraft der atmosphärischen, da sie durch die Eustachische Röhre mit der Nasenhöhle in Verbindung steht. Das Labyrinth besteht aus drei Hauptabtheilungen, dem mit dem eyrunden Fensterchen versehnen Vorhof c, den drei halbkreißförmigen Kanälen d, e, f, welche sich mit fünf Oeffnungen in den Vorhof endigen, und der mit zwei und ein halb Windungen versehnen Schnecke g. Die Schnecke ist durch eine halb knöcherne, halb häutige spiralförmige Scheidewand der Länge nach in zwei Gänge getheilt, wovon der obere sich in den Vorhof öffnet, der untere nach der Trommelhöhle führet, jedoch ist dessen Oeffnung, das dreieckige Fensterchen genannt, mit einer feinen Haut verschlossen. Das

ganze Labyrinth ist mit einer wässerigen Feuchtigkeit erfüllt, die aus den Arterien abgesondert wird. Der Gehörnerve tritt aus dem Gehirn durch den innern Gehörgang in verschiedenen Zweigen nach der Schnecke, dem Vorhof, und den mit ihm verbundenen Kanälen. Der größere Zweig des Gehörnervens führt zu der Schnecke, durchdringt deren Spindel, und geht von hier aus in unzähligen feinen Nervenfäden durch die ganzen an der Spindel befindlichen Löcher aus, nach der spiralförmigen Scheidewand bis zu deren häutigen Rand. Die übrigen Zweige des Gehörnervens führen nach dem Vorhof, und den halbrunden Kanälen und breiten sich dort zu einer breyartigen Masse von verschiedenen Gestalten aus.

§. 116.

Die Erklärung der verschiednen Functionen der einzelnen Theile des so zusammengesetzten Gehörorgans ist schwierig. Gewöhnlich nimmt man an: die Muschel fange die tönenden Schwingungen der Luft auf, leite sie durch den conisch sich verengenden Gehörgang zu dem Trommelfell, welches dadurch selbst in Schwingungen gerathe, die sich vermittelst der Gehörknöchelchen, durch das ovale Fenster dem Wasser des Labyrinthes und diesem selbst mittheilen, wodurch sie endlich zu den überall in demselben verbreiteten Nervenenden des Gehörnervens und so zu dem Gehirn fortgepflanzet werden.

Dienen die feinen Nervenfäden der Schnecke, welche mit den engern Windungen derselben kürzer werden, als eben so viele Saiten von gleicher Spannung aber ungleicher Länge, deren jede nur für einen bestimmten Ton fänglich ist?

Daß das Trommelfell mit der Pauckenhöhle und der in ihr eingeschlossenen elastischen Flüssigkeit einen wesentlichen Theil des Gehörorgans bilde, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Aber eben so gewiß ist es, daß Töne ohne Schwingungen des Trommelfelles (bey Lähmung desselben, oder Verstopfung der äussern Ohren) durch die Knochensubstanz der Zähne und des Schädels zu dem Innern des Gehörorgans fortgepflanzt und empfunden werden können. Auch haben physiologische und pathologische Beobachtungen gelehrt, daß das Hören noch möglich ist, wenn gleich das äussere Ohr, das Trommelfell und die Gehörknöchelchen bis auf das ovale Fensterchen deckende Plättchen zerstöhrct, dieses aber und das Labyrinth nebst den Gehörnerven unversehrt erhalten sind. Auch fehlet das Labyrinth oder ein ähnlicher mit Flüssigkeit angefüllter Körper keinem Thier, alle übrigen Theile des Gehörorgans sind bey den verschiednen Thierklassen veränderlich mehr oder weniger entwickelt, zum Theil auch fehlend, wie bey den Fischen das Trommelfell und die Gehörknöchelchen.

Geht gleich aus dem Gesagten hervor, daß das Labyrinth mit den Gehörnerven, der eigentliche Sitz des Gehöres ist, so dürfen wir doch keineswegs zweifeln, daß die übrigen Theile des Gehörorganes nothwendige und nützliche Bestandtheile des Ganzen ausmachen.

Der äussere Gehörgang ist wohl nicht allein zur Verstärkung der schallenden Schwingungen da, sondern dient auch zur deutlichern Wahrnehmung über die Richtung des Schalles. Das Trommelfell scheint durch die Gehörknöchelchen nach Savart's Beobachtungen eine eigne Spannung zu erleiden, die sich nach der Stärke des Schalles modificiret... Treviranus sucht die Fortpflanzung des Schalles vom Trommelfell zur Flüssigkeit des Labyrinths, nicht sowohl in dem Erzittern der Gehörknöchelchen, als viel mehr in den Schwingungen der in der Pauckenhöhle eingeschlossenen Luft. Jenen weiset er dagegen die Rolle eines Dämpfungsmittels auf das Labyrinth an,

wodurch die Fortdauer der in der Flüssigkeit desselben erregten Schwingungen gehemmt, und das Nachklingen der Töne verhindert werde.

Die getheilten Meinungen berühmter Naturforscher über denselben Gegenstand belehrt uns wenigstens, daß hier noch manches künftigen Zeiten aufzuklären vorbehalten bleibt.

Siebenter Abschnitt.

Von den besondern anziehenden Kräften, welche das Ansteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen und die sogenannten chemischen Wahlverwandtschaften bewirken.

§. 117.

Haben wir in den vorhergehenden Abschnitten die Wirkungsart der Schwere und Elasticität betrachtet, deren mehr nach aussen gekehrtes Streben sich durch auffallende Bewegungen im Raume offenbaret; so wenden wir uns jetzt zu denjenigen Kräften, die im Innern der Körper walten, oft eine kaum merkliche Bewegung, aber eine desto grössere Qualitätsveränderung in den Körpern hervorbringen. Wir machen mit den Erscheinungen, welche die Flüssigkeiten in sehr engen Röhren, den sogenannten Haarröhren, darbieten, den Anfang.

§. 118.

Wir wissen bereits aus der Lehre von den allgemeinen Eigenschaften der Körper, daß die Flüssigkeiten sich an die

Oberflächen fester Körper anhängen. Die Kraft der Adhäsion, welche dieß bewirkt, ist bey den verschiednen Körpern von ungleicher Größe. Wenn wir Schwamm, Holz, Elfenbein, Stein, ein blankes Metall unter Wasser tauchen und wieder heraus nehmen, so tretten zwar alle diese Körper benetzt aus dem Wasser hervor, jedoch in ungleicher Stärke, der Schwamm am meisten, das Metall am wenigsten. Taucht man dieselben Körper in reines Quecksilber, so zieht man sie alle bis auf das Metall (wenn dieß nicht Eisen oder Platina ist) trocken aus dem Quecksilber hervor. Dieser einfache Versuch beweiset zur Genüge, wie verschieden die Größe der Adhäsionskraft zwischen den Oberflächen der festen und flüssigen Körper ausfället, ja die geringste Veränderung der Oberflächen ändert oft jene Kraft sehr bedeutend. Man überziehe einen Körper, der vom Wasser benetzt wird, mit einer dünnen Lage von Talch oder Wachs, so wird er nicht mehr oder nur wenig benetzt werden. Kupfer, Zinn oder Bley können, wenn ihre Oberflächen an der Luft angelaufen sind, geraume Zeit unter Quecksilber gehalten und trocken herausgezogen werden, das keineswegs der Fall ist, wenn diese Metalle eine blanke Oberfläche haben. Ein Körper wird von einer Flüssigkeit benetzt, wenn die Adhäsionskraft desselben gegen die Flüssigkeit größer ist, als die Cohäsion der Flüssigkeit unter sich.

Man hänge eine ebene Platte von bestimmter Oberfläche horizontal an einer empfindlichen Wage auf, und bringe sie durch Gegengewichte ins Gleichgewicht; darauf die untere Fläche der Platte mit einer Schaale voll Wasser, oder jeder andern Flüssigkeit, in gleichförmige Berührung, und lege in die entgegengesetzte Wagschaale nach und nach so viele Gewichte sanft ein, bis die Platte sich von

der Flüssigkeit losreisset. Die zugelegten Gewichte sieht man gewöhnlich für das Maaß der Adhäsionskraft an. Es hängt aber diese Größe zugleich von der Cohäsion der Flüssigkeit und von ihrem specifischen Gewicht ab. Parrot (Naturlehre 1. B.) fand auf die Weise die Adhäsionskraft auf einem Quadratzoll von Marmor und Glas

gegen Baumöhl	$45\frac{1}{2}$ Gran
Weingeist	$33\frac{1}{2}$
* Quecksilber	$497\frac{1}{2}$
Wasser	55

Bey dem mit * bezeichneten Versuche war eine polirte Zinnplatte angewendet worden.

Meine eignen Versuche, wobey ich eine kreisrunde Spiegelplatte von 34 pariser Linien im Durchmesser anwendete, gaben die zum Losreissen erforderliche Kraft bey 15° R

für Wasser	322,5 Gran Cölln.
Weingeist (0,844 spec. Gew.)	208
Baumöhl (0,913 spec. Gew.)	248

Dieß macht auf den Quadratzoll bey dem

Wasser	51,1 Gran
Weingeist	33,0
Baumöhl	40,7

Viel größer fällt die Adhäsion aus, wenn man eine Flüssigkeit zwischen zwei eben geschliffene Platten eines festen Körpers bringt, und dann beide Platten in senkrechter Richtung von einander zu reißen sucht. Parrot giebt an, daß ein Wassertropfen zwischen zwei Marmor- oder Glasplatten ausgedehnt eine Adhäsionskraft von etwa 2500 Gran auf den Quadratzoll gebe. Meine Versuche über diesen Gegenstand lehrten mich folgendes.

Zwischen zwei Messingplatten von 34‴ im Durchmesser wurde eine Schichte Baumöhl von $\frac{1}{7}$ Linie Dicke ge-

bracht. Die Adhäsion betrug bey 15° R und 27″ 10‴ Barometerstand $5^3/_4$ Loth. Wurde die Dicke der Schichte bis auf $^1/_{16}$ Linie vermindert, so betrug die Kraft der Adhäsion 11 Loth. Die beiden Metallplatten wurden durch 4 kleine Stückchen Papier oder Kartenblatt in den angegeben Entfernungen auseinander gehalten, indessen der übrige Zwischenraum mit Baumöhl ausgefüllet war. Vor dem Versuch wurden die Platten eine Zeitlang in einem zusammengepresseten Stand erhalten.

In einem folgenden dritten Versuch wurden 4 Tropfen Baumöhl (deren 16 7,734 Gran wogen) gleichförmig zwischen den Metallplatten verbreitet, und diese nach vorgängiger Zusammenpressung auseinander gezogen. Die Kraft der Adhäsion betrug 5 Pf. 7 Loth. Aus den beiden zuerst angeführten Versuchen kann man schliessen, daß die Adhäsionskräfte zweier Platten, zwischen welchen sich eine Schichte Flüssigkeit befindet, in dem umgekehrten Verhältniß der Dicke der flüssigen Schichten wachse. Berechnet man aus dem Gewicht des im 3ten Versuche angewendeten Oehles und der Größe der Fläche, worüber es sich verbreitet hatte, die Dicke der Oehlschichte, so findet man dafür 0,0625 Linien. Diese verhält sich zu der Dicke der Oehlschichte im zweiten Versuch = 5 : 1. Hiernach hätte die Adhäsionskraft im 3ten Versuch 5 mahl größer ausfallen müssen als im zweiten, sie war aber 12 mahl größer. Indessen ist es schwer sich zu versichern, ob eine so geringe Menge Flüssigkeit gleichförmig über der ganzen Oberfläche der metallnen Scheibe verbreitet war. Wir werden bald sehen, in wie fern unsre Versuche mit der von La Place aufgestellten Theorie dieser Erscheinungen übereinstimmen.

Auf der Adhäsion der flüssigen Körper gegen feste beruhen 'e Menge Erscheinungen, von welchen man zum Theil in

den Künsten einen vortheilhaften Gebrauch gemacht hat. Die Vera'sche Seilmaschine hebt das Wasser vermöge der Adhäsion durch ein hänfenes oder besser härnes Seil, wenn man dem über zwei Rollen geschlagenen aufsteigenden Seil eine hinlängliche Geschwindigkeit giebt. Eigne Versuche mit der Maschine haben mich belehret, daß 2 Mann in einer Minute 5 Cubikfuß Wasser 7 Fuß hoch fördern können, wenn das aufsteigende Seil 10½ Fuß Geschwindigkeit hat. Bey zunehmender Geschwindigkeit wuchs der Effect im Verhältniß der 1,4ten Potenz der Geschwindigkeit. Die Gewalt mit welcher Flüssigkeiten durch die Adhäsionskraft in feste Körper einzubringen streben, ist ausserordentlich groß. Wenn man in feste Steinmassen hinlänglich tiefe Löcher bohret, diese mit trocknem Holz auskeilet, und dann auf die hölzernen Keile Wasser gießt, so zerspringet der Stein, indem das Wasser vermöge der Adhäsionskraft in das Holz eindringt, und es aufquellen macht.

Sehr merkwürdig ist die starke Zunahme der Adhäsionskraft, wenn zwei sich vollkommen berührende Körper längere Zeit in einem stark zusammengepresseten Zustand, besonders unter Einwirkung einer abkühlend wirkenden Temperatur erhalten werden. Ich hielt die im 2ten der vorbeschriebenen Versuche gebrauchte Vorrichtung der beiden Metallplatten mit der dazwischen befindlichen Oehlschichte 24 Stunden lang zwischen zwei Schraubenpressen eingeklemmt, die Temperatur des Zimmers war während der Zeit von 15° auf 5° R herabgekommen. Jetzt erforderte es 44¾ Loth Kraft, um die Platte aus einander zu ziehen, die Tags vorher durch 14 Loth getrennt werden konnten. Das Oehl zwischen den Platten war noch flüssig, hatte aber eine etwas grünliche Farbe angenommen. Ferner, wenn man eine mit Quecksilber gefüllte Barometerröhre, die bedeutend länger als 28 Zoll ist (selbst die doppelte Länge haben kann), recht vollkommen auskocht, dann ruhig, das Glasgewölbe nach unten gekehret, in senkrechter Lage in einer kalten Temperatur mehrere Tage stehen lässet, so wird die Adhäsionskraft des Quecksilbers gegen das Glas zuweilen so groß, daß sie bey Umkehrung der Röhre den ganzen Ueberschuß der Quecksilbersäule über den Druck der Atmosphäre träget. Hat man durch Klopfen an die Röhre die Quecksilbersäule einmahl zum Herabsinken gebracht, so kann man dieselbe Erscheinung, wenigstens in der Vollkommenheit nicht wieder hervorrufen. Ich weiß von dieser starken Vermehrung der Adhäsionskraft unter

den angeführten Bedingungen keine befriedigendere Erklärung zu geben, als durch die Hypothese: es werde durch die vollkommne Berührung ein electrischer Proceß rege, im ersten Fall ein hydroelektrischer, im andern ein thermoelektrischer, wodurch die physische Flächenanziehung zu einer chemischen Verwandtschaft oder Cohäsionskraft gesteigert wird.

§. 119.

Wenn man eine Flüssigkeit aus einem Gefäß, dessen Wände davon benetzt werden, langsam ausgiesset, so fliesset dieselbe am Rande des Gefäßes herab, und benetzet die ganze Aussenseite des Gefäßes, ist diese einmahl naß, so kann man sie horizontal, ja selbst nach hinten etwas in die Höhe halten, und das Abfliessen längst derselben durch die Adhäsionskraft, findet immer Statt. Die ganze Erscheinung fällt weg, wenn die Wände des Gefäses von der darin enthaltenen Flüssigkeit nicht benetzt werden.

Man gieße in ein cylindrisches oder prismatisches Gefäß eine Flüssigkeit, die dessen Wände benetzt, z. B. Wasser in ein Glas, so wird, nachdem alles in Ruhe gekommen ist, die Oberfläche der Flüssigkeit nicht ganz wagrecht stehen, sondern sich rund um an dem Rande des Gefäßes in einer eignen krummen Linie, oder vielmehr krummen Fläche erheben. Man sehe Fig. 98. Hat das Gefäß einen oder mehrere Zolle im Durchmesser, so befindet sich in der Mitte ein ebener Theil b c; ist hingegen der Durchmesser des Gefäßes nur einige Linien weit, oder noch kleiner, so verschwindet dann der ebene Theil ganz, und die Oberfläche der Flüssigkeit nimmt eine hohle Gestalt an. Gefäße von einem so kleinen Durchmesser heißen allgemein Haarröhren. In denselben steht die Oberfläche einer Flüssigkeit, welche die Wände nicht benetzt, wie z. B. Quecksilber in Glas, convex. Siehe Fig. 99. Es scheint, als ob im ersten

Fall der die Oberfläche der Flüssigkeit berührende Rand des Gefäßes dieselbe in die Höhe zöge, und dagegen im andern zurückstoße.

Man nehme ein Glas, dessen oberer Rand recht eben geschliffen ist, und stelle den ebenen Rand mittelst einer Wasserwaage genau horizontal, gieße dann durch einen feinen Trichter, dessen Oeffnung man beynahe bis auf den Boden des Glases hält, sanft Wasser in dasselbe; so wird man folgende Erscheinungen gewahr werden. Wenn der Wasserspiegel mit seinem höchsten Rande a d Fig. 98 den Rand des Glases berühret, so wird bey fortdauerndem Anfüllen nichts abfliessen, sondern der hohle Wasserspiegel a b c d, wird sich zuerst in einen ebenen a d, und dann in den umgekehrten convexen a c f d verwandeln. Unterbricht man hier den Zufluß, so bleibt alles ruhig; gegentheils fliesset nun das Wasser über den Rand ab. Der Zug des Randes welcher, so lange das Gefäß nicht voll, nach oben gerichtet war, ist bey ganz vollem Gefäß nach unten gekehret.

Gießet man unter ähnlichen Umständen Quecksilber in das Glas, so steiget sein Spiegel stets mit convexer Oberfläche an, und fliesset ab, wenn sein Rand a d Fig. 99 mit dem Rande des Glases zusammen fället.

§. 120.

Man befestige an die innere Wand des im vorstehenden Paragraphen beschriebenen Glases mit abgeschliffenem Rand ein gut calibrirtes Glasröhrchen, etwa eine Linie weit, so daß seine untere Oeffnung etwas über dem Boden des Glases, seine obere Oeffnung einige Zolle über den Rand des Glases stehe. Gießet man, wie in dem vorigen Ver-

such, Wasser in das Glas, so steiget dasselbe in dem Haarröhrchen höher als in dem Glase, und diese Höhe bleibt eine beständige Größe, so lange der Wasserspiegel den Rand des Glases nicht berührt. Ist dieß eingetretten, und man füllet das Glas allmählich an, bis seine Wasserspiegel eine convexe Oberfläche bildet, so steiget das Wasser im Haarröhrchen höher, beynahe doppelt so hoch als vorher, vom Rande des Glases an gemessen. Gießet man statt Wasser Quecksilber in das Glas, so steht das Quecksilber in den Haarröhren tiefer als aussen. Um die Vertiefung des Quecksilbers unter dem äussern Niveau zu messen, ist es bequemer, sich einer doppeltschenklichten Röhre zu bedienen, deren einer Schenkel gegen einen Zoll oder darüber weit, der andere ein Haarröhrchen ist.

§. 121.

Die Erfahrung giebt folgende Gesetze für das Ansteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhren.

1) Flüssigkeiten von einerlei Art steigen in Haarröhren von verschiednen Durchmessern zu ungleichen Höhen an, und die Höhen stehen im verkehrten Verhältnisse der Durchmesser.

2) Zwischen zwei parallellen ebenen Flächen steiget eine Flüssigkeit nur halb so hoch als in einem cylindrischen Haarröhrchen, dessen Durchmesser der Zwischenweite beider Flächen gleich ist.

3) Verschiedne Flüssigkeiten steigen in derselben Haarröhre zu ungleichen Höhen an, und die Höhen stehen nicht in dem umgekehrten Verhältnisse der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, sondern hängen zugleich von der Anziehkraft des Haarröhrchens gegen die Flüssigkeit ab.

4) Dieselbe Flüssigkeit steht in Haarröhren von einerlei Durchmesser, aber verschiedner Materie, gleich hoch, wenn nur die Wände der Haarröhren von der Flüssigkeit gleichmäßig benetzt werden.

(Dieser Satz verdienet weitere Prüfung.)

5) Bey Flüssigkeiten, welche in Haarröhren tiefer als aussen stehen, treten im Allgemeinen ähnliche Gesetze für die Vertiefungen ein.

Versuche zur Erläuterung der vorstehenden Sätze sind folgende.

Man befestige mehrere gut calibrirte Haarröhren von verschiednen aber genau gemessenen Durchmessern auf einem Maaßstab in einiger Entfernung so neben einander, daß man sie in senkrechter Lage mit ihren untern Oeffnungen zugleich in die Flüssigkeit eintauchen kann. Nachdem man durch Ansaugen der Flüssigkeit die Wände einer jeden Röhre gleichmäßig benetzt hat, bemerke man die Höhen zu welchen die Flüssigkeit in den einzelnen Röhren über den Wasserspiegel in dem Gefäß angestiegen sind, sie werden sich umgekehret wie die Durchmesser der Haarröhren verhalten.

	No. 1	No. 2	No. 3
Durchmesser der Röhren	$\frac{5}{41}$ Linie	$\frac{8,5}{41}$ Linie	$\frac{27}{41}$ Linie
Höhe der angestiegnen Wassersäule	38,3 L.	23 L.	7 Linien.

Die Durchmesser der Haarröhren waren unter dem Mikroscop mit einem Mikrometer gemessen worden. Multipliciret man die Durchmesser mit den Höhen, so müssen nach dem ersten Gesetz ständige Produkte kommen, welche die Höhe geben, zu welcher die Flüssigkeit in einem Haarröhrchen von 1 Linie im Durchmesser angestiegen seyn würde. Ich will diese Höhe $= h$ nennen. Der Versuch gab bey dem Wasser für

$h = 4,671$; $4,768$; $4,61$

also im Mittel $h = 4,6796$ Linien.

Ein anderer Versuch mit denselben Röhren gab für Weingeist

$h = 2,012$; $2,073$; $2,305$

im Mittel $h = 2,130$ Linien für Schwefelnaphta

$h = 1,71$; $1,82$; $1,78$

im Mittel $h = 1,77$

für caustischen Salmiakgeist (0,97 spec. Gewicht)

h = 4,28 ; 4,33 ; 4,27
Mittel h = 4,293
Baumöhl (0,913 spec. Gew.)
h = 2,634 im Mittel.

Die Temperatur bey den Versuchen war = + 15° Reaum.

Gay Lüssac fand den Werth
von h = 5,892 Linien für Wasser
= 2,336 für Weingeist.

Sollte der nicht unbedeutende Unterschied von der Verschiedenheit des Glases herrühren?

§. 122.

Die Theorie der vorstehenden Gesetze bey den Haarröhrchen lässet sich folgendermaaßen geben. Die anziehende Kraft der Röhrenwand gegen die Flüssigkeiten nimmt mit den Entfernungen so schnell ab (das Gesetz ist noch unbekannt), daß man nur die der Wand sehr nahe liegenden Theile als ihrem Einfluß unterworfen betrachten darf.

Es bezeichnen FCDE Fig. 100 ein Haarröhrchen das in eine Flüssigkeit AB eingetaucht sey. In dem Augenblick, wenn die untere Oeffnung mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, so wirkt ein schmahler Ring der Röhrenwand CD anziehend in die Höhe, die Cohäsion der Flüssigkeit, wo diese von der übrigen getrennt werden soll, um in das Röhrchen zu treten, in einem ähnlichen Ring anziehend herab.

Ist jene Anziehung größer als diese, so tritt die Flüssigkeit wirklich in das Haarröhrchen ein, und nun steigt die Flüssigkeit zugleich durch den unmittelbar über ihr liegenden Theil der Röhrenwand gehoben, so lange in die Höhe, bis das Gewicht der angestiegnen Säule HJ dem Ueberschuß jener beiden einander entgegenwirkenden Anziehungen das Gleichgewicht hält. Da der wirksame Theil der Röhrenwand sowohl unten, als oben und der

Flüssigkeit unter CD (alle zwischen CD, und FE liegende Theile der Röhrenwand sind unwirksam, weil die Anziehung eines jeden höher liegenden Theiles durch die entgegengesetzte des darunter liegenden aufgehoben wird, die fern über FE liegenden Theile aber wegen ihrer Entfernung unwirksam sind) dem Umfang oder dem Durchmesser der Röhre proportional gesetzt werden kann, das Gewicht der Flüssigkeit aber ihrem körperlichen Raume oder dem Quadrat des Durchmessers multipliciret in die Höhe proportional ist: so fliesset hieraus, daß die Höhe der angestiegnen Säule im verkehrten Verhältnisse des Durchmessers stehen müsse. Dieser Satz und mehrere Folgen desselben lassen sich am beßten durch eine Formel darstellen.

Es heiße der Durchmesser der Haarröhre $= d$, die specifische Anziehung der Röhrenwand gegen die Flüssigkeit $= a$, die Cohäsion der letztern $= c$, die Höhe der angestiegnen Säule $= h$, das specifische Gewicht der Flüssigkeit $= p$: so hat nach der vorstehenden Erläuterung $d\,(a - c)$ $= d^2 h p$ und hieraus $hp = \left(\frac{a - c}{d}\right)$. Da nun für einerlei Flüssigkeit a, c und p beständige Größen sind, so steht h im verkehrten Verhältnisse des Durchmessers der Haarröhre. Für verschiedne Flüssigkeiten aber einerlei Haarröhre erhält man $hp : HP = (a - c) : (A - C)$ d. i. die specifischen Anziehungen verhalten sich wie die Producte aus den Höhen der angestiegnen Säulen in die specifischen Gewichte. Wird $a = c$, so steht die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen eben so hoch als aussen (dieser Fall kommt in der Natur selten vor), wird $c >$ als a, so wird $a - c$, so wie h eine negative Größe. Man muß sich in diesem Fall unter $(a - c)$ eine nach unten gekehrte Kraft denken, die, wenn ein Haarröhrchen unter den Wasserspiegel

einer Flüssigkeit getauchet worden ist, durch den Druck hp der umgebenden Flüssigkeit erst überwunden werden muß, bevor die Flüssigkeit in das Haarröhrchen tretten kann, daher steht nun die Flüssigkeit inwendig tiefer als aussen.

Man denke sich zwei Haarröhren, ein cylindrisches und ein prismatisches, deren Querschnitte sich wie ein Kreiß und das um ihn beschriebene Quadrat verhalten, so wird einerlei Flüssigkeit in beiden Haarröhren gleich hoch steigen, weil sich die Umfänge vom Kreiß und dem umbeschriebenen Quadrat, wie ihre Flächen verhalten. Daher sind nach den vorstehenden Sätzen die anhebende Kraft, welche dem Umfang, und die gegenwirkende Schwerkraft, welche dem Querschnitt proportional ist, bey gleicher Höhe der angestiegnen Flüssigkeit gleich. Denkt man sich in den prismatischen Röhrchen zwei gegen einander überstehende Seiten weg, so wird die anhebende Kraft nur halb so groß, indessen der Querschnitt bleibt, folglich wird nun die Höhe der angestiegnen Flüssigkeit auch nur halb so groß seyn. Dieß ist der Grund von dem zweiten angeführten Gesetz von den Haarröhren.

§. 123.

Wir haben vornen gesehen, daß die Flüssigkeiten, welche in Haarröhren ansteigen, stets eine hohle Oberfläche bilden, dagegen diejenigen, welche in den Haarröhren tiefer stehen, eine convexe Oberfläche haben. Wir wollen hinzufügen, wenn die Flüssigkeiten in engen Röhren eine ebene Fläche bilden, so stehen sie darin weder höher noch tiefer als in weiten Gefäßen. Dieser Fall kommt zwar sehr selten vor, kann aber z. B. bey dem Quecksilber in Röhren von sehr verschiedner Weite durch ein vollkommenes Auskochen des Quecksilbers in den Röhren hervorgebracht werden. Auf

diese Erscheinungen sich stützend, hat La Place eine neue scharfsinnige Theorie der Haarröhrchen mit Hülfe der höhern Analysis gegeben, welche zugleich die Wirkungen der Adhäsion bey ebenen Flächen erkläret. Hier können davon nur die Grundsätze erwähnt und die Resultate durch einige Versuche erläutert werden.

Es bezeichne MN Fig. 101 die hohle Oberfläche der in dem Haarröhrchen angestiegnen Flüssigkeit, durch den tiefsten Punct der Oberfläche denke man sich eine Ebene AB geleget, so fällt zwischen sie und die Höhlung ein Meniscus, welcher durch die Anziehung der Wand gebildet worden ist. Man kann sich vorstellen, als ob die in dem Meniscus enthaltne Flüssigkeit gleichsam einen Theil der festen Röhrenwand ausmache. Dieses ist um so mehr erlaubt, da unten an der Röhrenwand nach aussen hin bey C und D und überhaupt an dem Rand eines jeden noch so weiten Gefäses, welches von der Flüssigkeit benetzt wird, sich ein ähnliches Ansteigen und Festhalten der Flüssigkeit findet. Die Kraft der Anziehung des Meniscus gegen die unter ihm stehende Flüssigkeit in dem Haarröhrchen, muß daher als eine anhebende Kraft betrachtet werden, sie heiße = M. Die nach unten gekehrte Wirkung der Cohäsion der Flüssigkeit auf die Ebene AB heiße = K, so entsteht aus beiden Kräften in dem Haarröhrchen eine nach unten gerichtete Kraft = K — M. Denkt man sich ferner innerhalb der Flüssigkeit OP einen mit dem Haarröhrchen zusammenhängenden gleichweiten Kanal CD, EF, so wird die nach unten gerichtete Wirkung der Cohäsion auf EF eben so groß als auf AB = K seyn. Es wirken also in dem Kanal von MN und EF ungleiche Kräfte K — M, und K einander entgegen, und der Ausfall der Kraft M von der Seite des Haarröhrchens kann nur da-

durch ersetzet werden, daß das Gewicht der angestiegnen Säule ABCD = M ist.

Steht die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen mit converer Oberfläche mn, so fällt der Meniscus AB nm von AB aus gerechnet weg. Wäre er vorhanden, so würde seine Kraft auf die unter ihm befindliche Flüssigkeit gleichfalls anhebend seyn. Die Kraft der Cohäsion auf die convere Fläche mn, muß daher um die Kraft des Meniscus größer seyn als auf die Ebene AB, daher durch K + M dargestellet werden. Denkt man sich wie vorher auf die Stelle des Kanales EF die Kraft = K, so ist von der Seite des Haarröhrchens der nach unten gerichtete Ueberschuß der Kraft = M, welcher nun die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen eben so tief unter die Oberfläche der Flüssigkeit OP hinabdrücken muß, als die entgegengesetzte Kraft im ersten Fall sie erhob. Nun beweißet La Place durch Rechnung, daß die Kraft des Meniscus im verkehrten Verhältnisse seines Krümmungshalbmessers, und dieser bey engen Röhren in dem Verhältnisse des Durchmessers der Haarröhre bey einerley Flüssigkeit stehe, woraus das erste Gesetz von den Haarröhrchen fliesset. Das zweite Gesetz fliesset aus den vorhergehenden mittelst der Betrachtung, daß zwischen zwei ebenen Flächen die Oberfläche der Flüssigkeit nur einfach gekrümmt ist, indessen sie in cylindrischen Haarröhren von doppelter Krümmung ist. Man kann die aus der Betrachtung des Meniscus hergeleitete Folge allgemeiner so ausdrücken. Flüssigkeiten, welche sich in eine erhabene Oberfläche endigen, wirken an dieser Stelle stärker auf sich selbst, und solche, welche sich in eine hohle Oberfläche endigen, wirken schwächer auf sich, als diejenigen, welche von einer ebenen Fläche begränzt sind.

Hieraus lässet sich die Größe der Adhäsion fester ebener Flächen gegen eine Flüssigkeit herleiten, wie folget.

Es bezeichne A B, C D Fig. 102 zwei ebene feste Flächen, zwischen welchen eine Flüssigkeit mit hohlem Rand A C, B D sich befindet. Die Kraft, welche die Flüssigkeit an dem hohlen Rand auf sich selbst ausübt, ist so viel schwächer, als auf jedes gleich große Element der Flächen A B, C D, die von ihr benetzt werden, wie viel das Gewicht einer Flüssigkeitssäule beträgt, die eine gleiche Grundfläche, und zur Höhe die Höhe hätte, zu welcher die Flüssigkeit zwischen den Platten A B, C D in verticaler Richtung ansteigen würde. Nennt man diese Höhe = h, die Größe der Fläche A B = b^2, das specifische Gewicht der Flüssigkeit = p, so erhält man die Kraft, mit welcher die Flüssigkeit die Platten, und so mit diese sich einander anziehen = b^2hp.

Ist die untere Ebene die Oberfläche der Flüssigkeit selbst, so lehret dann die Erfahrung, daß der hohle Rand eine viel flächere Krümmung, wie A c, B d annimmt. Die Rechnung zeiget, daß nun die Größe der Adhäsion bey einem nicht sehr kleinen Durchmesser und vollkommner Benetzung der Scheibe durch $b^2 p \sqrt{(h')}$ dargestellet werde, wo h′ die Höhe der Flüssigkeit in einem cylindrischen Haarröhrchen bezeichnet, welches diejenige Einheit zum Durchmesser hat, mit welcher b^2 gemessen worden ist.

Berechnen wir nach diesen Sätzen, und unsern oben durch die Erfahrung bestimmten Werthen von h und h′ für Wasser, Weingeist und Baumöhl die Adhäsionskraft einer 34 Linien im Durchmesser haltenden Scheibe an diese verschiednen Flüssigkeiten, so erhalten wir für das Wasser 369,4 Gran.
den Weingeist 210,4 —
das Baumöhl 253,0 —
Die oben §. 121 angeführten Versuche gaben 322,5 ; 208 ; 248 Gran.

Für die Adhäsion der beiden Messingplatten mit der dazwischen liegenden Oehlschichte giebt die Rechnung
bey der Entfernung von $1/_{16}$ Linie 13,69 Lth.
von $1/_{7}$ Linie 5,99 Lth.
Die Versuche gaben 14 Loth und 5,75 Loth.

Eine so vollkommne Uebereinstimmung, als sich zwischen La Place's Theorie und Gay Lüssac's Versuchen findet (man sehe Biots Physik auch Gilb. Annal. 33. B.), zu erhalten, ist mir bisher nicht geglückt. Indessen wollen wir daraus keinen Zweifel gegen eine so wohl begründete Theorie ableiten.

§. 124.

Folgende Versuche mögen zur Erläuterung der Theorie von den Haarröhren noch kurz erwähnt werden.

1) Stellt man zwei ebene Glasplatten unter einem spitzen Winkel vertical neben einander in eine Schaale mit gefärbtem Wasser, so bildet die dazwischen ansteigende Flüssigkeit eine gleichseitige Hyperbal, deren Scheitel nach dem spitzen Winkel zu liegt. Eine Folge des 1ten Gesetzes von den Haarröhren.

2) Legt man eine von den Platten horizontal und bringt in die Oeffnung des Winkels, nachdem man die Platten vorher wohl gereiniget und mäßig befeuchtet hat, einen Wassertropfen, welcher beide Platten berührt, so wird sich derselbe schnell nach dem Scheitel des Winkels begeben. Neigt man jetzt die unter einem Winkel gestellten Platten gegen den Horizont den Scheitel des Winkels nach oben gekehret, so sinkt der Tropfen herab und bleibt an einer bestimmten Stelle hängen, die von der Neigung, der Oeffnung des Winkels, und dem Gewicht des Tropfens abhängt. La Place hat hierüber strenge Rechnung geführet.

3) Man befestige ein Haarröhrchen, dessen Hebkraft gegen das Wasser man vorher durch einen Versuch geprüft hat, durch einen Korkstopfen gesteckt luftdicht in einen

Glascylinder, dessen Länge 4 — 5 mahl so groß ist, als das Wasser in dem Haarröhrchen ansteigt. Nun fülle man den Cylinder mit Wasser, verschliesse seine Oeffnung mit dem Finger und kehre sie unter Wasser um, den Cylinder in einer verticalen Lage, das Haarröhrchen nach oben gekehret. Man wird das Wasser in dem Cylinder fallen sehn, indessen Luft durch das Haarröhrchen zuströmt. Nun bringe man schnell zu wiederholten Mahlen kleine Wassertropfen auf die obere Oeffnung des Haarröhrchens, sie werden anfangs schnell, dann immer langsamer eingeschlürft werden, indessen der Wasserspiegel in dem Cylinder fortfähret herabzusinken. Ist dieser so weit herabgesunken, daß dessen Höhe über dem Wasserspiegel des Gefäßes, gleich der Höhe ist zu welcher das Wasser im Haarröhrchen ansteigen würde, so bleibt nun alles im Gleichgewicht, als ob der Glascylinder oben luftdicht verschlossen wäre. Untersucht man das Haarröhrchen genau, so wird man an einer Stelle desselben ein kleines Wassertröpfchen gewahr werden, dessen obere Fläche viel hohler als die untere ist. Die Kraft dieses Meniscus ist es, welche einen Theil des Luftdrucks von oben her trägt, daher ein eben so großer Druck von unten her thätig wird, und die Wassersäule im Cylinder erhält. Zuweilen ereignet es sich, daß in dem Haarröhrchen statt eines, mehrere von einander durch Luftsäulen getrennte Wassertröpfchen hängen bleiben, und dann steht in der Regel das Wasser in dem Cylinder höher als der Saugkraft des Haarröhrchens zukommt. Hier unterstützen sich die Ziehkräfte der einzelnen Meniskuse einander wechselseitig.

Dieß giebt uns den Schlüssel zur Lösung folgender sonst sehr anomal erscheinenden Thatsache.

4) Es werde an einen Glascylinder von ½ Zoll Weite

und 15 Zoll Länge, ein sehr enges Haarröhrchen, 0,035 Linien im Durchmesser und nahe 3 Zoll lang angekittet. Füllt man den Cylinder mit Quecksilber, so wird, vorausgesetzt, daß das Haarröhrchen trocken und rein ist, das Quecksilber durch seine eigne Schwere durch das Haarröhrchen gepresset in einzelnen feinen Tröpfchen abfliessen. Kehrt man nun den Cylinder mit dem Finger verschliessend um, und taucht ihn mit seiner untern Oeffnung in eine Schaale voll Quecksilber, so wird man die Luft durch das Haarröhrchen eindringen, und das Quecksilber langsam in dem Cylinder fallen sehen. Dieß höret alsbald auf, wenn man ein Wassertröpfchen auf die obere Oeffnung des Haarröhrchens bringt. Hier erhält also die in dem Haarröhrchen wirksame Kraft eine Quecksilbersäule von 15 Zollen = einer Wassersäule von 202,5 Zoll. Das Haarröhrchen würde unmittelbar nur eine Wassersäule von 133 — 134 Linien, nach unsern oben mitgetheilten Erfahrungen, angehoben haben. Untersucht man das oben befeuchtete Haarröhrchen mit einer Luppe genau, so sieht man, daß der oben aufgebrachte Wassertropfen verschwunden, dagegen das Haarröhrchen in seinem Innern mit einer großen Menge abwechselnder Luft- und Wasserschichten angefüllt ist. Dieser Versuch belehret uns zugleich, daß Quecksilber und Luft leichter durch ein sehr enges Haarröhrchen fliessen, als Wasser; also überhaupt wohl alle Flüssigkeiten, welche eine mindere Anziehung gegen die Wände von Haarröhrchen haben, leichter, als solche die eine größere Anziehung dagegen besitzen. Daß unter den Luftarten selbst wieder ein bedeutender Unterschied Statt finde, geht aus einer Erfahrung Döbereiner's hervor, welcher beobachtete, daß Wasserstoffgas leichter durch eine gesprungene Glasglocke drang, als atmosphärische Luft und andere Gasarten.

Mit unsrer eben ausgesprochenen Ansicht stimmt auch die Erscheinung, daß Quecksilber sich leichter durch die Poren von Leder pressen lässet, als Wasser, obgleich dieses das Leder benetzt, Quecksilber aber nicht. Von dem Durchwandern einer Flüssigkeit durch, die Zwischenräume eines festen Körpers, müssen wir das Aufnehmen in die Zwischenräume unterscheiden; letzteres steht offenbar mit der Haarröhrenanziehung im directen Verhältnisse.

Anmerkung.

Als das Vorstehende über die Capillarattractionen ausgearbeitet war, kam mir Girard's Abhandlung zu, über die Anziehung, die sich in merklichen Abständen zwischen den Oberflächen starrer Körper äussert, durch eine sie benetzende Flüssigkeit, in welche sie untergetaucht sind. Siehe Annales de Chym. T. XXIX, auch Poggendorfs Annalen 1825. 9. St.

Girard hatte aus frühern Versuchen über die Vermehrung der Dichte, welche fein zertheilter Thon in Wasser und Weingeist hervorbringt, worin er sich nicht auflöset, und welche man durch das Aräometer messen kann, geschlossen, die kleinen in der Flüssigkeit schwebenden Molekülen äusserten innerhalb gewisser Entfernungen, die er ihre Atmosphären nennet, eine verdichtende Kraft, auf die zwischen ihnen befindliche Flüssigkeit. Um diese in einige Entfernungen hinwirkende Anziehung der Molekülen auf zwischen ihnen befindliche Flüssigkeiten, auf andere Art nachzuweisen, stellte Grd. noch folgende Versuche an. Er hieng zwei Glastafeln, denen er durch daran befestigte Korkscheiben eine, das specifische Gewicht des Wassers nur wenig übertreffende Schwere gegeben hatte, parallel und vertical neben einander in einem weiten Gefäß voll Wasser pendelartig so auf, daß er sie nach Willkühr einander nähern, und ihre Entfernungen von einander, so wie die Elongationswinkel der Aufhängsfäden von der Verticale, genau messen konnte. Wurden nun die Glasplatten einander so nahe gebracht, daß ihre Anziehungssphären sich durchschnitten, und man ließ sie pendelartig zurückschwingen, so mußte die Zeit des Rückgangs zur Verticale desto größer ausfallen, je stärker die Molekularattraction der Platten, gegen die zwischen ihnen eingeschlossne Schichte von Flüssigkeit war. Die Versuche gaben folgende Resultate.

So lange die Entfernungen der Glasplatten nicht kleiner als $2\frac{1}{2}$ Millimeter (= 1,108 Linien) war, bemerkte man keine Retardation der durch die Schwere erzeugten Schwingung. Bey einer Entfernung von 0,2481 Millimeter (= 1,0997 .. Linien) wurde sie bemerkbar, und nahm mit der Verminderung der Entfernungen dermaaßen zu, daß die Verzögerung der Oscillationszeiten nahe im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen standen.

Girard zieht hieraus die Folge, daß die Attractionssphäre der Molekülen einen kleinern Halbmesser als $1\frac{1}{4}$ Millimeter = 0,554 Linien habe, aber in kleinern Entfernungen eine wirkliche Anziehung statt finde, welche mit der Abnahme der Entfernungen wachse. Gegen diesen Schluß möchte sich nichts einwenden lassen. Ob aber eine Verdichtung der Flüssigkeit durch die Molekularattractionen hervorgebracht werde, möchte doch noch weiterer Beweise bedürfen. Man vergleiche damit das Resultat unsers 3ten Versuchs §. 118, wo ein 0,0615 Linien dicke Schichte von Baumöhl zwischen zwei Messingplatten eine unverhältnißmäßig große Adhäsionskraft zeigte.

Im Besitze sehr empfindlicher Aräometer wiederholte ich Girard's zuerst angeführte Versuche. Eine Vermengung fein zertheilter Thonerde in Wasser von 15° R Temperatur zeigten im Verhältniß von 1 : 32 1,020 Dichte
1 : 16 1,038 Dichte
berechnet man aus der Dichte des Thons = 2,475, und dem Verhältniß der Mischung, die Dichte der Mischung nach §. 77 so findet man 1,0184
1,0363
Diese Zahlen stimmen so ziemlich mit den beobachteten, und da es kaum möglich ist die Versuche so schnell anzustellen, bevor sich ein Theil der eingemengten Thonerde niedergeschlagen hat, so möchte aus solchen Versuchen allein die Verdichtung der Flüssigkeiten nicht gefolgert werden können.

Von den chemischen Wahlverwandtschaften.

§. 125.

So lange die Wirkungen der in den Körpertheilchen thätigen Kräfte sich nur auf die äussere und innere Ober-

fläche der Körper (Haarröhrchenwände) beschränken, bezeichnen wir jene Kräfte im Allgemeinen durch physische Adhäsionskräfte, wenn aber die Kräfte ins Innerste der Körper wirken, die kleinsten Theilchen derselben nöthigen ihre bisherige Verbindung aufzugeben und andere einzugehen, wodurch in der Regel nicht blos die Form der Körper, sondern auch ihre Eigenschaften geändert werden, so legen wir alsdann diesen Kräften den Nahmen chemischer Anziehkräfte oder Wahlverwandtschaften bey. Die letztere Benennung ist bildlich daher entnommen, weil bey der chemischen Wechselwirkung der Körper gewisse Stoffe sich vorzugsweise mit einander verbinden, indessen sie sich von andern trennen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die chemischen Verwandtschaften von den physischen Anziehkräften nur dem Grade nach verschieden sind. Indessen ist es doch nöthig, um Verwirrung zu vermeiden, beide von einander zu unterscheiden. Folgendes Beyspiel wird den Unterschied beider Kräfte deutlicher machen. Ein Stück Thon in Wasser gelegt saugt das Wasser durch Haarröhrchenkraft ein, erweicht sich und giebt umgerühret mit dem Wasser ein scheinbar gleichartiges Gemenge, welches jedoch bey ruhigem Stand blos durch die ungleiche Wirkung der Schwere sich wieder in Thonerde und oben auf stehendes Wasser sondert. Verfahren wir auf ähnliche Art mit einem Stück Salz oder Zucker, so wird das Wasser anfangs auch in die Zwischenräume des Salzes dringen, dieses aber wird schmelzen d. i. flüssig werden, und selbst ohne Umrührung, wenn man ihm nur Zeit giebt, sich so innig und gleichförmig mit dem Wasser verbinden, daß jeder Tropfen des Wassers nach Salz oder Zucker schmeckt. Die Erscheinung heißt eine Auflösung des Salzes im Wasser, und erfolgt vermöge der chemischen Verwandtschaft zwischen Salz und

Wasser. Wenn einer der beiden in Wechselwirkung tretenden Körper schon flüssig war, so giebt man vorzugsweise demselben den Nahmen des Auflösungsmittels. Die einzelnen Bestandtheile einer Auflösung trennen sich durch die Wirkung der Schwerkraft nicht wieder von einander. Wir müssen uns daher vorstellen, daß die kleinsten denkbaren Theilchen (Atome) des Wassers und Salzes zu einem uns gleichartig erscheinenden Körper verbunden sind.

Die chemischen Verwandschaften haben auch das mit den physischen Adhäsionskräften gemein, daß sie nicht in die Ferne, sondern nur bey der Berührung wirken. Die gleichförmige Vertheilung des aufgelößten Stoffes in dem Auflösungsmittel bey ruhigem Stande des letztern geht auf folgende Art von Statten. Die den aufzulösenden Körper zunächst umgebende Schichte des Auflösungsmittels nimmt so viel von ihm auf, als sie vermöge ihrer Anziehung aufzunehmen vermag. Mit der zunehmenden Verbindung nimmt die Stärke der Anziehung ab, die entfernt liegende Schichte des Auflösungsmittels wirkt nun mit größerer Energie und entzieht der ersten wieder einen Theil des aufgelößten Stoffes, macht sie aber eben dadurch fähig einen neuen Antheil aufzunehmen. So geht es von Schichte zu Schichte so lange fort, bis endlich die Anziehkräfte aller einzelnen Schichten mit einander ins Gleichgewicht gekommen sind.

Befördert wird daher die chemische Auflösung, durch mechanisches Mengen oder durch Verkleinerung des aufzulösenden Körpers, wodurch seine Oberfläche vergrößert und die Berührungspunkte mit dem Auflösungsmittel vermehret werden. Der chemischen Verwandtschaft entgegen wirken die Cohäsionskraft der aufzulösenden Körper, daher eine chemische Verbindung leichter von Statten geht, wenn die zu vereinigenden Stoffe in flüssiger Form sind, und oft gar nicht eintritt, wenn beide in fester Gestalt sind. Muß man um die flüssige Gestalt der zu verbindenden Körper hervorzubringen Feuer zu Hülfe nehmen, so heißen solche Auflösungen, Auflösungen auf dem trocknen Wege. Dahin gehören z. B. die Zusammenschmelzungen von Metallen.

§. 126.

Sehr häufig tritt bey den Auflösungen der Fall ein, daß nicht alle in chemischer Wirksamkeit befindlichen Körper sich mit einander vereinigen, sondern gewisse Stoffe ausgeschieden werden, und die übrigen in andern Verhältnissen zusammen tretten. Dieß ist die eigentliche Wirkung der chemischen Wahlanziehungen, wodurch die Eigenschaften der Körper umgewandelt werden. Man nehme z. B. statt des gemeinen Wassers eine mit Wasser verdünnte Schwefelsäure und löse darin eine Portion Kochsalz auf, bringe dann die Flüssigkeit in eine Glas- oder Porcellan-Schaale und dämpfe sie über dem Feuer bis zum Trocknen ab. Das zurückbleibende Salz ist Glaubersalz, eine Verbindung des Natrons mit der Schwefelsäure; da nun das Kochsalz aus Natron und Salzsäure besteht, so müssen wir uns vorstellen, daß die Schwefelsäure vermöge ihrer stärkern Wahlanziehung zum Natron dieses der Salzsäure entzogen und damit Glaubersalz gebildet habe. Die Salzsäure ist dagegen in flüssiger Gestalt an das Wasser getretten, und mit demselben durch die Wirkung des Feuers in Dunstgestalt weggetrieben worden. Bringt man die Auflösung des Kochsalzes in der verdünnten Schwefelsäure in eine Retorte, und küttet an dieselbe eine Vorlage die man stehts kühl erhält, indessen man die Flüssigkeit in der Retorte zum Sieden erhitzt, so steigen die mit Wasser verbundenen Dämpfe der Salzsäure in die Vorlage, und in der Retorte bleibt nach beendigten Proceß das Glaubersalz zurück. Dieser einfache Versuch belehret uns zugleich, wie durch das Spiel der chemischen Wahlverwandtschaften Körper getrennt und aufs neue mit andern verbunden werden können, und wie sich der Chemiker jener Kräfte bedienen müsse, um solche

Trennungen und neue Verbindungen hervorzurufen. Hierzu ist vor allen Dingen nöthig, daß er die Grade oder Stärke der Wahlverwandtschaften der Körper gegen einander kenne. Wir schreiben aber einem Körper eine stärkere Wahlverwandtschaft zu, wenn derselbe vermögend ist, die Verbindungen eines andern zu trennen. Hierüber haben sich bis jetzt keine allgemein gültige Regeln aufstellen lassen, und es ist daher das Studium der verschiednen Wahlverwandtschaften eine verwickelte, aber auch eine der nützlichsten Beschäftigungen des Chemikers. Man findet in den Handbüchern der Chemie Tafeln, worin die Verwandtschaftsgrade der Körper gegen einander, so weit sie uns durch die Erfahrung bekannt geworden sind, angegeben werden. Als Beyspiel führen wir die Verwandtschaften des Kali's oder der Potasche zu einigen der bekannten Säuren hier an.

Kali oder Potasche.

Schwefelsäure
Salpetersäure
Salzsäure
Phosphorsäure
Flußsäure
Sauerkleesäure
Weinsteinsäure
Zitronensäure
Essigsäure
Kohlensäure.

Die Tafel zeiget, daß die Verbindung des Kalis mit der Salpetersäuere (der gemeine Salpeter) durch die Schwefelsäure, die Verbindung der Kohlensäure mit dem Kali (kohlensaures Kali) durch alle vorstehenden Säuren getrennt werden könne.

§. 127.

Es ist nicht immer nöthig, sich der Wirkung des Feuers zu bedienen, um den durch chemische Wahlverwandtschaft ausgeschiednen Stoff, von der neuen Verbindung zu trennen. Oft wird dieser Trennung schon durch das verschiedne Gewicht und die Wirkungen der Cohäsion der sich neu bildenden Körper herbey geführet, oder auch durch das besondere Bestreben des einen oder des andern Körpers, die Gas- oder Dunstform anzunehmen und sich so zu verflüchtigen. Man gieße z. B. Scheidewasser auf Kreide, so verbindet sich die Salpetersäure des Scheidewassers mit der Kalkerde zu salpetersaurem Kalk, und die Kohlensäure der Kreide entweichet aufbrausend als Gas. Ist man geneigt, wie wir unten sehen werden, die Erscheinungen der Wärme einem materiellen, wiewohl inponderablen, Stoff, zuzuschreiben, so muß man solche Verflüchtigungen fester Stoffe als Verbindungen derselben mit dem elastischen Princip der Wärme betrachten. Gießet man zur Auflösung des salpetersauren Kalks concentrirte Schwefelsäure, so bildet sich in der Flüssigkeit ein weißer Niederschlag; die Verbindung der Schwefelsäure mit der Kalkerde giebt Gyps, welcher durch seine Cohäsionskraft verdichtet, vermöge seines größern specifischen Gewichts, sich von der Flüssigkeit trennet. Diese mit den chemischen Verwandtschaften zugleich wirkenden physischen Kräfte der Schwere, der Cohäsion, der Expansion, modificiren erstere auf mancherlei Weise, welches wohl zu berücksichtigen ist. Daher rühret der Unterschied zwischen Verwandtschaften auf dem nassen und auf dem trocknen Weg. Man erwärme z. B. verdünnte Schwefelsäure mit gebrannten pulverisirten Knochen, so tritt die Kalkerde der Knochen mit der Schwefel-

säure zu Gyps zusammen, indessen sich die Phosphorsäure mit dem Wasser verbindet. Bringt man dagegen Gyps mit fester Phosphorsäure in glühenden Fluß, so vereiniget sich die Kalkerde mit der Phosphorsäure zu einer glasigen Substanz und die Schwefelsäure entweicht wegen ihrer Unbeständigkeit im Feuer. Noch ist die physische Masse der chemisch auf einander wirkenden Stoffe zu berücksichtigen. Denn wenn gleich die chemischen Anziehungen nur in geringen Entfernungen wirksam sind, so müssen wir doch zugeben, daß jedes Atom von einer Menge ihm hinlänglich nahe stehender so umgeben seyn könne, daß zwischen ihnen eine chemische Wechselwirkung eintritt.

Wirken nun einem mit stärkerer Anziehkraft begabten Atom 4, 5 und mehrere schwächer anziehende Atome entgegen, so kann durch die Menge ersetzt werden, was der Stärke der Anziehung abgeht. So ist z. B. die Schwererde der Schwefelsäure näher verwandt, als das Kali, dem ungeachtet kann man durch das 3—4fache Gewicht von Potasche gegen einen Theil Schwerspath die Verbindung der Schwererde mit Schwefelsäure wenigstens theilweise aufheben und den Schwerspath in schwefelsaures Kali und Schwererde zerlegen. Jedoch wollen wir uns bemerken, daß in der Regel die Energie der Anziehungen den Einfluß der Massen bey den chemischen Wirkungen bey weitem überwieget.

Man lasse ein wenig Kochsalz von der Größe eines Hirsenkorns in einem Glas voll reinen Regen- oder besser destillirten- Wasser zergehen, bringe dazu einen Tropfen salpetersaure Silberauflösung, sogleich wird sich ein weißlicher Niederschlag (salzsaures Silber) bilden, dessen Farbe an der Luft nach und nach durch das röthliche in das dunkelviolette übergeht. Man hat gefunden, daß ein Tropfen

Salzsäure, mit dem Hunderttausendfachen seines Gewichts Wasser verdünnet, auf diese Art noch entdeckt werden kann. Solche Stoffe, welche, zu andern Körpern gebracht, darin eine unsern Sinnen auffallende Veränderung hervorbringen, und dadurch die Gegenwart gewisser andern Stoffe in den zusammengesetzten Körpern verrathen, heißet der Chemiker gegenwirkende Mittel oder Reagention.

§. 128.

Fragen wir nach der Ursache des ausserordentlichen Strebens mancher Stoffe nach Vereinigung mit Ausschluß aller übrigen, so lässet sich bis jetzt nichts befriedigenderes, als Folgendes darauf antworten. Die Entdeckungen Davy's und anderer Naturforscher über den Einfluß der electrischen Kraft der volta'schen Säule auf das Spiel der chemischen Verwandtschaften haben gezeiget, daß, wenn die elektrischen Kräfte den Verwandtschaften homogen d. i. sie unterstützend, wirken, diese dadurch ausserordentlich erhöht werden, dagegen im umgekehrten Falle vermindert, aufgehoben und in die entgegengesetzte verwandelt werden können. Schon frühere Beobachtungen hatten gelehret, daß die Säuren und der Sauerstoff ein besonderes Bestreben äussern, sich nach dem positiv electrischen Pole der volta'schen Säule zu begeben, dagegen die Alkalien und die ihre Stelle vertrettenden Körper sich nach dem negativen Pole der Säule ziehen.

Es ist daher wohl erlaubt, mit Davy, Berzelius und andern Naturforschern die Hypothese aufzustellen, daß der Grund aller chemischen Verwandtschaft auf einem natürlichen elektrischen Gegensatz der Körper beruhe. Die Säure zieht z. B. deswegen ein Alkali so stark an und verbindet sich mit ihm, weil die Säure negativ elektrisch, das Alkali positiv elek-

trisch ist. Kommt zu einer solchen Verbindung ein dritter starker positiv oder negativ electrischer Körper, so zieht er den mit ungleichnahmiger Elektricität begabten Körper an, und stößet dagegen den ihm gleichartig elektrischen zurück, daher die Trennung und neue Verbindung. Durch diese Hypothese gewinnt man wenigstens so viel, die sonst sehr verschiedenartigen elektrischen Erscheinungen mit dem Spiel der chemischen Verwandtschaften auf einen gemeinsamen Grund zurückzuführen. Da indessen dieß alles unsern Lesern deutlicher werden wird, wenn wir zuerst die elektrischen Erscheinungen näher beschrieben haben werden, so kehren wir nach dieser Abschweifung zu den chemischen Verwandtschaften zurück.

§. 129.

Die Naturforscher haben den chemischen Verwandtschaften nach ihrer Wirkungsweise verschiedne Nahmen beygelegt, die man wissen muß. Wenn zwei oder mehrere Stoffe sich zu einem gleichartigen Körper vereinigen, so heißt die Kraft welche dieß bewirkt, eine mischende Verwandtschaft. Eine anneigende oder vermittelnde Verwandtschaft schreibt man einem Körper zu, wenn derselbe zwei andere Körper, die sich allein nicht vereiniget haben würden, zur Verbindung geschickt macht. So besitzen die Alkalien eine vermittelnde Verwandtschaft zwischen Fett und Wasser, zwischen Schwefel und Wasser, indem sie mit ersterm Seife, mit letzterm Schwefelleber bilden, welche beide in dem Wasser löslich sind, obgleich Fett und Schwefel allein es nicht sind. Wenn ein dritter Körper die Verbindung zweier andern trennt und sich mit einem derselben vereiniget, so heißt dieß eine einfache Wahlanziehung. Wenn dagegen zwei Körper, wovon jeder eine Verbindung

aus zwei verschiednen Stoffen ist, so mit einander in chemische Wechselwirkung treten, daß die beiden ursprünglichen Verbindungen aufgehoben, und dafür zwei neue gebildet werden, so heißt dieß eine doppelte Wahlverwandtschaft. Eben so können durch die Wechselwirkung von drei oder noch mehren zusammengesetzten Körpern vielfache Wahlverwandtschaften entstehen. Man gieße z. B. zur Auflösung der salpetersauren Kalkerde die Auflösung des kohlensauren Kalis, so trennen sich beide Verbindungen, die Kohlensäure tritt an die Kalkerde und das Kali an die Salpetersäure, und es bilden sich durch doppelte Wahlverwandtschaft kohlensaure Kalkerde und Salpeter, wovon erstere als unauflöslich in dem Wasser niederfällt.

§. 130.

Die Kenntniß der chemischen Wahlverwandtschaften, und insbesondere die trennende Kraft, welche die stärkere in Beziehung auf die schwächere ausüben, bieten dem Naturforscher die Mittel dar, die natürlich vorkommenden Körper, welche meistens zusammengesetzter Art sind, in ihre ungleichartigen Bestandtheile zu zerlegen. Bey den Bestandtheilen der Körper müssen wir die näheren von den entferntern, und diese wieder von den letzten oder einfachen Bestandtheilen, den sogenannten chemischen Elementen, unterscheiden. Die nähern Bestandtheile sind diejenigen, auf welche wir zuerst durch möglichst einfache Trennungsmittel kommen, die entfernteren solche, welche wir bey fortgesetzter Trennung erhalten. Letztere Bestandtheile oder chemische Elemente, heißen diejenige Stoffe, welche durch keine in unsrer Gewalt stehenden Mittel weiter getrennt werden können. Ob dieß wahrhaft einfache, sogenannte physische Elemente seyen, kann damit nicht behauptet werden.

Beyspiele.

Kreide

nähere Bestandtheile:

Kalkerde; Kohlensäure; Wasser;

entferntere Bestandtheile:

Calcium; Sauerstoff; Kohlen- und Sauerstoff; Wasser- und Sauerstoff.

Mehl

der Getreidearten nähere Bestandtheile:

Satzmehl oder Stärke, Kleber, Schleimzucker;

entferntere Bestandtheile:

Stärke, aus Kohlen- Wasser- und Sauerstoff. Kleber, aus Kohlen, Wasser-Sauer- und Stickstoff. Zucker, aus Kohlen, Wasser- und Sauerstoff.

Die entferntern Bestandtheile sind in den gegebenen Beyspielen zugleich die letzten, oder die chemischen Elemente. Die Kenntniß der nähern Bestandtheile ist, besonders bey den Körpern des Pflanzen- und Thierreichs, von größerer Wichtigkeit, als die Kenntniß der entferntern Bestandtheile, weil durch jene in der Regel die Natur und Eigenschaften des Körpers bestimmt werden. Unsre Kenntniß eines Körpers ist nur dann vollständig, wenn wir den Körper nicht blos trennen, sondern auch aus seinen Bestandtheilen wieder zusammensetzen können. Letzteres ist uns bisher nur bey unorganischen Körpern gelungen. Am allerwenigsten vermag die Kunst des Chemikers, die Gebilde der belebten Natur nachzuahmen. Ob mit dem fliehenden Leben Stoffe entweichen, die unsern Sinnen unbemerklich sind, ob in demselben Augenblick andere Verwandtschaftsgesetze und so mit auch andere Verbindungen eintretten, sind Fragen welche die Zukunft enthüllen muß, wenn es anders dem Auge des Sterblichen je vergönnet seyn wird, den Schleier zu lüften, welchen die schaffende Natur um ihre geheimste Werkstätte gezogen hat.

§. 131.

Nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft haben wir folgende Körper als chemisch einfache zu betrachten.

Tafel
über die chemisch einfachen Stoffe, nebst ihren chemischen Zeichen, und Atomengewichten nach Berzelius.

I. Unmetallische Körper.

Namen.	Zeichen.	Atomengewicht oder chem. Verhältnißzahl.
Sauerstoff	O. (Oxigenium)	1,0000
Wasserstoff	H. (Hydrogenium)	0,062177
Stickstoff	N. (Nitricum)	1,7726
Schwefel	S. (Sulphur)	2,0116
Phosphor	P. (Phosphorus)	3,9230
Chlor	M. (Muriaticum)	1,4265
Jod	J. (Jodicum)	12,667
Fluor	Fl. (Fluoricum)	0,7503
Kohle	C. (Carbonicum)	0,7533
Bor	B. (Boracicum)	0,6965
Kiesel	Si. (Silicium)	2,9642
Basis der Kieselerde		

II. Metallische Körper nach ihrem elektrischen Verhalten geordnet, die negativen voran.

Selen	Se. (Selenium)	4,9591
Arsenik	As. (Arsenicum)	
Molybdän	Mo. (Molybdaenum)	5,968
Chrom	Ch. (Chromium)	7,0364
Wolfram	W. (Wolframium)	12,0769
Antimon (Spiesglanz)	Sb. (Stibium)	16,1299
Tellur	Te. (Tellurium)	8,0645
Tantal	Ta. (Tantalum)	18,2315
Titan	Ti. (Titanium)	
Osmium	Os. (Osmium)	
Jridium	Jr. (Jridium)	
Platin	Pt. (Platinum)	12,1523
Gold	Au. (Aurum)	24,860
Rhodium	R. (Rhodium)	15,001

Namen.	Zeichen.	Atomengewicht oder chem. Verhältnißzahl.
Palladium	Pa. (Palladium)	14,075
Quecksilber	Hg. (Hydrargyrum)	25,316
Silber	Ag. (Argentum)	27,032
Kupfer	Cu. (Cuprum)	79,139
Blei	Pb. (Plumbum)	25,890
Zinn	Sn. (Stannum)	14,7058
Wißmuth	Bi. (Bismuthum)	17,738
Nickel	Ni. (Niccolum)	7,3951
Kobalt	Co. (Cobaltum)	7,3800
Uran	U. (Uranium)	31,4686
Eisen	Fe. (Ferrum)	6,7843
Cadmium	Cd. (Cadmium)	13,9354
Zink	Zn. (Zincum)	80,645
Braunstein	Mn. (Manganium)	7,1157
Cerium	Ce. (Cerium)	11,4944

III. Metallische Grundlagen der Erden und Alkalien.

Zirkonium	Zr. (Zirconium)	
Yttrium	Y. (Yttrium)	8,0513
Beryllium	Be. (Beryllium)	6,6256
Aluminium	Al. (Aluminium)	3,4234
Magnesium	Mg. (Magnesium)	3,1672
Calcium	Ca. (Calcium)	5,1206
Strontium	Sr. (Strontium)	10,946
Barium	Ba. (Barium)	17,1386
Lithium	L. (Lithium)	2,5563
Natrium	Na. (Natrium)	5,8184
Kalium	K. (Kalium)	9,7983

Die zuletzt genannten Stoffe machen in ihrem oxydirten Zustande nebst der Kieselerde bey weitem die häufigsten Bestandtheile der ganzen Erdrinde aus.

Die drei zuerst genannten Stoffe kennen wir blos im Gaszustande. Von den unwägbaren Stoffen, Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus wird in besondern Abschnitten gehandelt.

Anmerkung.

Die nähere Betrachtung dieser einfachen Stoffe, der Art ie dargestellet werden, ihrer Verbindung unter einander

und der daraus hervorgehenden zusammengesetzten Körper und ihrer Eigenschaften gehöret in das besondere Gebiet der Chemie, einer Wissenschaft, die täglich an Reichthum und Umfang gewinnt, auf welche wir aber hier, nach unserm Zwecke nicht eingehen können. (Dem mündlichen Vortrag bleibt es überlassen, nach Zeit und Umständen das Nöthige zuzusetzen.) Nur einige allgemeine Gesetze, welche bey der Verbindung der einfachen Körper zu zusammengesetzten Statt finden, sollen hier hervorgehoben werden, und darauf die nähere Betrachtung einiger Stoffe folgen, welche bey den Erscheinungen der Natur eine sehr wichtige und allgemeine Rolle spielen.

Von den bestimmten Verhältnissen nach welchen sich die einfachen Körper mit einander verbinden, und der darauf sich gründenden Stöchiometrie oder Meßkunst chemischer Elemente.

§. 132.

Wenn sich zwei oder mehrere ungleichartige Stoffe zu einem gleichartigen Ganzen vereinigen, so entstehen daraus die zusammengesetzten Körper, von welchen wir mehrere Ordnungen unterscheiden können. Da die chemisch gleichartigen Körper sich durch keine noch so weit getriebene mechanische Theilung in ungleichartige Theile zerlegen lassen, so müssen wir uns die chemischen Verbindungen (wenn wir sie uns nach der Corpusculartheorie versinnlichen wollen) als zwischen den Atomen selbst erfolgend denken. Sonach können wir folgende Ordnungen von Verbindungen unterscheiden:

1) einfache Atome;

2) zusammengesetzte Atome;

a) erster Ordnung, bestehend aus der Verbindung einfacher Atome;

b) zusammengesetzte Atome zweiter Ordnung, bestehend aus zusammengesetzten Atomen erster Ordnung;
c) zusammengesetzte Atome dritter Ordnung, bestehend aus zusamengesetzten Atomen zweiter Ordnung u. s. w.

Man sollte vielleicht glauben, daß diese Ordnungen sowohl, als die unter ihnen begriffenen Species, vermöge der wechselnden Verhältnisse der zusammentrettenden Körper von unendlicher Zahl und unendlicher Verschiedenheit seyn müßten. Dem ist aber nicht so, vielmehr hat sich die Natur in ihren Verbindungen auf die einfachsten Verhältnisse beschränkt, wie aus dem Folgenden näher erhellen wird.

Beyspiele von den Zusammensetzungen verschiedner Ordnungen sind folgende.

Zusammensetzungen 1ter Ordnung

Schwefelsäure, aus Schwefel und Sauerstoff.
Kali, aus Kalium und Sauerstoff.
Thonerde, aus Aluminium und Sauerstoff.

Zusammensetzungen 2ter Ordnung

schwefelsaures Kali, bestehend aus Schwefelsäure und Kali;
schwefelsaure Thonerde, bestehend aus Schwefelsäure und Thonerde.

Zusammensetzung 3ter Ordnung

Alaun, bestehend aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali.

Man siehet von selbst, daß die verschiednen Ordnungen bey der Zusammensetzung der Körper eben das vorstellen, was bey der Trennung derselben die nähern, entferntern und einfachen Bestandtheile bezeichnen.

§. 133.

Bey den chemischen Verbindungen müssen wir wohl unterscheiden, ob die Körper sich nur in gewissen, oder in allen denkbaren Verhältnissen zu einem gleichartigen Ganzen vereinigen können. Das Letzte findet, wie die Erfahrung lehret, nur dann Statt, wenn die Körper durch

die Mischung weder ihre Form, noch ihre Eigenschaften wandeln. Wie z. B. bey Mischungen von Wasser und Weingeist, von Wasser und flüssigen Säuren, desgleichen bey Mischungen von solchen Gasarten, welche nicht bedeutend chemisch auf einander wirken, wie z. B. Stickstoff- und Sauerstoffgas, Wasserstoff- und Sauerstoffgas bey niedrigen Temperaturen. Die Lösung eines festen Salzes im Wasser kann man zwar in sehr verschiednen Verhältnissen bewerkstelligen, doch findet schon in Hinsicht der Menge des aufzulösenden Salzes die Gränze Statt, welche man den Sättigungspunct nennet. Wenn so viel Salz in dem Wasser aufgelöset worden ist, daß die geschwächte Anziehkraft des Auflösungsmittels mit der Cohäsionskraft des Salzes ins Gleichgewicht gekommen ist, so tritt alsdann der Sättigungspunct ein. Eben das gilt von der Auflösung eines jeden festen Körpers in einer Flüssigkeit, aus welcher er sich durch seine Cohäsionskraft wieder krystallisiren kann. Wird nicht blos die Form, sondern auch die Eigenschaften der sich mischenden Körper verändert, so ist dann die Menge der sich vereinigenden Bestandtheile auf weit bestimmtere Verhältnisse eingeschränkt. Die auffallendsten Beyspiele der Art bietet uns die Bildung der Salze, d. i. die Verbindung einer Säure mit einer alkalischen, erdigen, oder metallischen Grundlage in ihrem Neutralisations-Verhältnisse dar. Man nehme z. B. eine abgewogne Menge Kali (Potasche), löse sie in Wasser auf, und tröpfle von einer ebenfalls abgewognen Menge verdünnter Schwefelsäure nach und nach so viel zu, bis die gemischte Flüssigkeit weder sauer noch alkalisch schmeckt, und überhaupt gegen jedes andere Prüfungsmittel sich eben so neutral verhält. (Sehr empfindlich und bequem zur Untersuchung des Neutralisationspunctes sind kleine Papier-

streifen, die man mit Lackmuß blau gefärbt, getrocknet, und dann zur Hälfte wieder durch Eintauchen in Essig geröthet hat. Enthält die zu mischende Flüssigkeit noch freie Säure, so wird der blaue Papierstreifen darin roth, enthält sie freies Alkali, so wird der rothe Papierstreifen blau.) Stellet man einen solchen Versuch so oft man will mit der gehörigen Genauigkeit an, so wird man immer dasselbe Verhältniß zwischen der Säure und dem Alkali wahrnehmen, in dem Augenblick, wenn die Mischung neutral geworden ist. Wählt man statt der Potasche ein anderes Alkali, so wird man zwar ein anderes Neutralitätsverhältniß finden, aber immer für jede Grundlage ein bestimmtes Verhältniß. Wählt man statt der Schwefelsäure eine andere Säure und behält dieselben Grundlagen bey, so erhält man für die neue Säure eine andere Reihe von Neutralitätsverhältnissen in Beziehung auf die Grundlagen, deren einzelne Glieder unter einander den einzelnen Gliedern der ersten Reihe proportional sind.

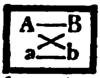
Es bezeichne z. B. a eine bestimmte Menge einer Säure, und A eine bestimmte Menge einer andern Säure, sodann sollen b, c, d, e und B, C, D, E die Menge von vier Grundlagen bezeichnen, welche sich mit den Säuren a und A neutral verbinden, so lehret die Erfahrung, daß

$b : c = B : C$
$b : d = B : D$
$b : e = B : E$ sey.

Umgekehret, wenn a, a′, a″, a‴ vier verschiedne Säuren bezeichnen, welche sich mit der Grundlage b neutral verbinden, und man sucht die Neutralitätsverhältnisse A, A′, A″, A‴ derselben Säuren zu einer andern Grundlage B, so hat man wiederum

$a : a' = A : A'$
$a : a'' = A : A''$
$a . a''' = A : A'''$

Diesen für die Stöchiometrie höchst wichtigen Satz haben die Naturforscher zuerst aus der Erfahrung abgeleitet, daß neutrale Salze, welche sich durch doppelte Wahlverwandtschaft zerlegen, in der neuen Verbindung wieder neutral sind.



Es mögen in dem beystehenden Schema AB, ab die neutralen Verbindungen vor der chemischen Wechselwirkung, Ab, aB die nach derselben bezeichnen. Ferner seyen die Neutralitätsverhältnisse

von 1) $A : B = 1 : m$
2) $A : b = 1 : n$
3) $a : B = 1 : m'$
4) $a : b = 1 : n'$

so fliesset nach der Lehre von den Proportionen aus der Verbindung von 1) und 3) $A : a = m' : m$
aus der Verbindung von 2) und 4) $A : a = n' : n$
daher $m' : m = n : n$
oder $m' : n' = m : n$
welches den Beweiß für den oben angeführten Lehrsatz, in Beziehung auf die Grundlagen liefert. In Beziehung auf die Säuren läßet er sich so herleiten: Es mögen AB, A'b die neutralen Verbindungen einer Säure mit zwei Grundlagen; aB, a'b die neutralen Verbindungen einer andern Säure mit denselben Grundlagen vorstellen, so hat man nach der vorstehenden Bezeichnung die Proportionen

$$A : B = 1 : m \text{ oder } A = \frac{B}{m}$$
$$A' : b = 1 : n \qquad A' = \frac{b}{n}$$
$$a : B = 1 : m' \qquad a = \frac{B}{m'}$$
$$a' : b = 1 : n' \qquad a' = \frac{b}{n'}$$

Es ist aber $m : n = m' : n'$
daher $A : A' = a : a'$.

§. 134.

Aus den vorstehenden Sätzen können wir für die sogenannte Lehre von den chemischen Aequivalenten eine wichtige Folge ziehen. Wenn eine Verbindung ab durch einen dritten Körper A aufgehoben wird, welcher dagegen mit b eine chemische Verbindung eingeht, so heißt A überhaupt ein chemisches Aequivalent für a. Nun mögen ab, ac, ad, ae u. s. w. neutrale Verbindungen einer Säure mit den verschiednen Basen, z. B. die Reihe der salpetersauren Salze bezeichnen, A diejenige Mengen von Schwefelsäure, welche die salpetersaure Verbindung ab zerleget und eine neutrale schwefelsaure Ab hervorbringt, so ist A ein Aequivalent für a in der Verbindung ab; es ist aber auch dieselbe Menge A ein Aequivalent von a für alle andern Verbindungen ac, ad, ae, u. s. w. Denn da vermöge des Lehrsatzes §. 133 b : c : d : e = B : C : D : E war, so müssen, wenn in den beiden Reihen die ersten Glieder b = A setzte, auch alle folgenden gleich seyn. Es muß sich also A wenn es sich mit b neutral verbinden kann, auch mit c, d, e neutral vereinigen. Eben so, wenn ab, a′b, a″b neutrale Verbindungen verschiedner Säuren mit derselben Grundlage bezeichnen, und die Menge B einer andern Grundlage ist ein Aequivalent für b in der Verbindung ab, so ist es auch ein solches in allen übrigen Verbindungen a′b, a″b u. s. w. Denn da vermöge unsers Lehrsatzes

a : a′ : a″ = A : A′ : A″ war, so sind in beiden Reihen alle Glieder einander gleich, wenn man die ersten gleich setzt.

§. 135.

Spätere Beobachtungen haben gelehret, daß die be-

stimmten Verhältnisse nicht blos bey den neutralen Salzen, sondern bey allen chemischen Verbindungen wenigstens des unorganischen Naturreichs eintretten, die Fälle abgerechnet, welche §. 133 bereits angeführet worden sind. Bezeichnet also z. B. a die Menge von Sauerstoff, welche sich mit verschiednen andern Grundstoffen b, c, d, e chemisch verbindet, und A etwa die Menge Wasserstoff, welche ein chemisches Aequivalent für die Sauerstoffverbindung ab ist, so ist A zugleich ein Aequivalent für alle übrige Verbindungen, welche der Sauerstoff eingehen kann. Was hier von dem Wasserstoff ausgesaget worden ist, gilt für die ganze Reihe der einfachen und zusammengesetzten Körper nach den bisherigen Erfahrungen.

Da es bey Verhältnissen nicht auf die absolute Größe der Glieder ankommt, so kann man jede beliebige Einheit zu Grunde legen, um die einzelnen Verhältnißzahlen dadurch auszudrücken. Die meisten Naturforscher haben sich jetzt mit Berzelius dahin vereiniget, die Menge des Sauerstoff's, welche mit andern Körpern in chemische Verbindung tritt, zur Einheit zu wählen, um die Verhältnisse der chemischen Aequivalente dadurch auszudrucken. So bezeichnen in der §. 131 aufgeführten Tafel der einfachen Stoffe die neben dem Schwefel und Phosphor stehenden Zahlen, daß sich 2,0116 Gewichtstheile Schwefel und 3,923 Gewichtstheile Phosphor mit einem Gewichtstheil Sauerstoff chemisch verbinden, und daß zugleich 3,923 Theile Phosphor ein chemisches Aequivalent für 2,0116 Theile Schwefel nicht blos in der Verbindung mit dem Sauerstoff, sondern auch in allen übrigen Verbindungen sind.

Da die Verhältnisse, unter welchen sich Stoffe chemisch verbinden, dieselben bleiben, man mag sich die Menge noch so klein denken, so kann man sich vorstellen, selbst die Atome vereinig-

ten sich unter den bestimmten Verhältnissen. Dieß ist eine Ansicht, welche in den neuern Zeiten vorzüglich Dalton geltend zu machen [illegible]. Daher hat man jene chemischen Aequivalente auch Atomengewichte genannt. Man muß Atomengewicht vom specifischen Gewicht unterscheiden, jenes bezeichnet das Gewicht der in chemische Verbindung tretenden Theilchen, dieses das Gewicht der [illegible] bey gleicher Größe des Raums. So verhalten sich zum Beyspiel die Atomengewichte von Kupfer und Blei = 79,139 : 25,89 dagegen die specifischen Gewichte beider Körper = 8,895 : 11,352. Ob wir uns [illegible] vermöge des [illegible] Verhältnisses die Theilchen des Bleies naher neben einander gestellt denken müssen, als die Theilchen des Kupfers, so [illegible] weniger Bleitheile mit andern Stoffen in chemische Verbindung, als Theile des Kupfers. Dieß ist ein neuer Grund chemische Anziehung von der Schwere oder der allgemeinen [illegible]anziehung zu unterscheiden.

§. 136.

Die Beobachtungen, welche man über die Verbindungen des Sauerstoffes mit den Metallen (die Metalloxyde), sodann über die Verbindung der brennbaren Körper, wie z. B. des Schwefels, des Phosphors, der Kohle mit dem Sauerstoff zu Säuren angestellt hat, haben gelehret, daß nicht blos ein Theil, sondern auch zwei, manchmahl auch drei, seltner vier oder noch mehrere Theile Sauerstoff mit einem Theil eines andern Stoffes in chemische Verbindung treten können. Diesen, obwohl in enge Gränzen eingeschlossenen, Wechsel der Verhältnisse in den chemischen Verbindungen hat man später auch bey andern einfachen und zusammengesetzten Körpern entdeckt. Man muß daher, wenn man aus dem bekannten Mischungsverhältniß einer chemischen Verbindung auf das Atomengewicht der gemischten Theile schliessen will, wohl unterscheiden, zu welcher Art von Verbindung die vorliegende gehöre, ob sich

[illegible]r 2, oder 3 Theile mit einem Theile des andern

Stoffes verbunden haben. Hier herrschen nun allerdings noch einige Ungewißheiten, welche jedoch durch das fortgesetzte Studium der auszeichnenden Eigenschaften der verschiednen Arten von Verbindungen immer mehr entfernt werden. Einige Beyspiele mögen das eben Gesagte erläutern. Nach Berzelius besteht das rothe Quecksilberoxyd (rother Präcipitat) aus 100 Theilen Quecksilber und 7,9 Theilen Sauerstoff. Da das chemische Verhalten dieses Oxydes es als ein solches characterisiret, worin zwei Theile Sauerstoff enthalten sind, so findet man das Atomengewicht des Quecksilbers, das Gewicht von einem Theil des Sauerstoffes = 1 gesetzt, durch die Proportion:

$$\frac{7,9}{2} : 1 = 100 : x = \frac{200}{7,9} = 25,316\,..$$

Oder, wenn man weiß, daß 100 Theile Eisen mit 44,22 Theilen Sauerstoff zum rothen Eisenoxyd zusammentretten, dieses Oxyd aber zu denjenigen gehöret, worin 3 Theile Sauerstoff mit 1 Theil Metall verbunden sind, so erhält man die Aequivalentzahl des Eisens, den Sauerstoff zur Einheit genommen, durch die Proportion

$$\frac{44,22}{3} : 1 = 100 : x = \frac{300}{44,22} = 6,7842\,...$$

Umgekehret erhält man aus dem Atomengewicht der einfachen Körper durch Addition das Atomengewicht oder die Verhältnißzahl der zusammengesetzten Körper. So würde die Verhältnißzahl des rothen Eisenoxyds = 3 + 6,7842 = 9,7842 seyn. Nach Berzelius enthält das schwarze Eisenoxydul (der erste Grad der Oxydation) auf 100 Theile Eisen 29,47 Sauerstoff. Da sich nun 29,47 : 44,22 = 2 : 3 verhält, so würde hiernach die Aequivalentenzahl des Eisenoxyduls = 2 + 6,78 = 8,78 .. seyn. Wollte man dagegen die Menge des Sauerstoffes im Oxy-

dul für 1 gelten lassen, so würde aus dessen Zusammensetzung für das Atomengewicht des Eisens folgen

$$29,47 : 1 = 100 : x = \frac{100}{29,47} = 3,39$$ halb so groß

wie vorhin. Dieß erläutert, wie die Werthe der Aequivalentenzahlen sich ändern, wenn man ein anderes Mischungsverhältniß zum Grunde leget. Die erste Zahl wird von den Chemikern für die richtige anerkannt.

§. 137.

Mehrere Körper können wir in ihrem einfachsten Zustande nur in Gasgestalt darstellen. Wenn sie in diesem Zustande chemisch auf einander wirken, und sich verbinden, so geschieht dieß nach Gay Lüssac zwar auch in einfachen Verhältnissen 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, aber dem Raum nach. Findet während der chemischen Wechselwirkung eine Verdichtung, oder Raumsverminderung statt, so kann diese ebenfalls durch die einfachen Brüche $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{3}$ dargestellet werden. Z. B. Zwei Raumstheile Wasserstoffgas verbinden sich unter Erwärmung mit einem Theil Sauerstoffgas und bilden Wasser. Ein Volumen Sauerstoffgas verbindet sich mit einem Volumen Stickstoffgas zu Salpetergas; mit zwei Raumtheilen Stickstoff zum oxydirten Stickgas, und dessen Raum beträget $\frac{2}{3}$ der Räume der einzelnen Gase. Drei Räume Wasserstoffgas verbinden sich mit einem Volumen Stickstoffgas zu zwei Räumen Ammoniakgas, zwei Räume Sauerstoff tretten mit einem Volumen Kohlenstoff zusammen und bilden damit zwei Volumina kohlensaures Gas u. dgl. m. Will man aus den Verbindungen nach Räumen auf die Atomengewichte der gemischten Körper schliessen, so muß man die Räume mit den specifischen Gewichten multipliciren, um

die Mengen dem Gewichte nach zu erhalten. Findet eine Raumsveränderung während der Mischung statt, so muß auf diese gehörig Rücksicht genommen werden. Z. B. Nach Biot verhalten sich die specifischen Gewichte von Sauerstoffgas und kohlensauerem Gas bey gleichem Druck und Temperatur = 1,1036 : 1,5196

= 1, : 1,377

Es heiße das noch unbekannte Atomengewicht des Kohlenstoffs = x, so hat man nach der oben angeführten Erfahrung über die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff zur gasförmigen Kohlensäure

$$2 \cdot 1 + 1 \cdot x = 2 \cdot 1,337$$

daher $x = 2 \cdot 1,377 - 2 = 0,754$ für das Atomengewicht des Kohlenstoffs.

Desgleichen nach Biot das specifische Gewicht des Sauerstoffgases zum Wasserstoffgas = 1,10359 : 0,07321. Es tretten also dem Gewicht nach 1,10359 Sauerstoff mit $2 \times 0,07321 = 0,14642$ Theile Wasserstoff zusammen. Nennt man die erste Zahl 1 und lässet die letztere für 2 Atome gelten, so erhält man für das Atomengewicht des Wasserstoffs

$$1,10359 : 1 = \frac{0,14642}{2} : x = 0,066338$$

Berzelius und Dulong finden nach ihren Untersuchungen dafür 0,062175.

Man sehe: Berzelius Versuch über die Theorie der chemische Proportionen, nebst Tabellen über die Atomengewichte übersetzt von Blöde. 1820. Lehrbuch der Stöchiometrie von Bischof. 1819. Auch dessen Lehrbuch der reinen Chemie. Bonn 1824.

§. 138.

Es ist von großer Wichtigkeit für die Wissenschaft, die

aus der Verbindung der einfachen Stoffe hervorgehenden zusammengesetzten Körper so zu benennen und zu bezeichnen, daß daraus die Art ihrer Verbindung und zugleich das Verhältniß ihrer Bestandtheile klar zu ersehen sey. Was die zweckmäßige Benennung betriffet, so haben sich darin die französischen Chemiker seit Lavoisier viele Verdienste erworben. Die beßte chemische Zeichensprache verdanken wir Berzelius. Hier kann beides nur kurz berühret werden.

Da die Entdeckung des Sauerstoffs und seiner mannigfachen Verbindungen, vorzüglich zur Umänderung der chemischen Nomenclatur Gelegenheit gegeben hat, so fangen wir die Betrachtung damit an.

Der Name Sauerstoff (Oxygéne) ist von Lavoisier diesem einfachen Körper beygelegt worden, weil er ihn, der Analogie nach von der Zusammensetzung mehrerer Säuren, für das eigentlich säuernde Princip hielte. Ob nun gleich diese Hypothese durch neuere Erfahrungen widerleget worden ist, indem man jetzt mehrere Säuren kennt, die keinen Sauerstoff enthalten; so hat man doch den Namen mit Recht beybehalten, weil der durch ihn bezeichnete Stoff wenigstens in den meisten Säuren einen wesentlichen Bestandtheil bildet.

Bey den Verbindungen des Sauerstoffs mit andern Körpern müssen wir unterscheiden solche Verbindungen, welche Säuren (acides, acida) sind, und solche, die es nicht sind. Die letztere heißen im Allgemeinen Oxyden (oxydes, oxyda). Dahin gehören bey weitem die meisten Verbindungen des Sauerstoffes mit andern Körpern, namentlich der Metalle, woraus die verschiednen Erdarten hervorgehen. Bey den Oxyden kommen, wie schon erwähnt, die Verbindungen des Sauerstoffs nach 1, 2, 3 Theilen vor. Diejenige Verbindung, welche die geringste Menge Sauer-

stoff enthält, heißt Oxydul, die mit größerer Menge Oxyd, die noch höhere Peroxyd. Kommen noch Abstufungen von Verbindungen vor, so bezeichnet man sie durch die beygesetzten Hülfswörter unter, über z. B. Unteroxydul, Ueberoxydul, Unteroxyd, Ueberoxyd. Bey den Säuren kommen eben so die Verbindungen des Sauerstoffes mit den Grundlagen in verschiednen Verhältnissen vor; man unterscheidet sie durch die Endsylbe des die Grundlage bezeichnenden Eigenschafts- oder Hülfswort's, z. B. Schwefliche-Säure (acidum sulphurosum, acide sulfureux), Schwefelsäure (acidum sulphuricum, acide sulfurique), Salpetrige-Säure, Salpetersäure, Phosphorige-Säure, Phosphorsäure. Die ersteren Benennungen bezeichnen die die unvollkommene oder beßer die mindere Menge von Sauerstoff enthaltenden Säuren, die letztern die die größere Menge von Sauerstoff enthaltenden. Kommen noch mehrere Abstufungen vor, so hilft man sich durch Beywörter. So unterscheiden einige Naturforscher Schwefelsäure, Unter-Schwefelsäure, Schwefliche-Säure, Unter-Schwefliche-Säure und bezeichnen damit vier verschiedne Verbindungen des Sauerstoffs mit dem Schwefel in den Verhältnissen von 3, 3½, 2 und 1 zu 1. So wie der Sauerstoff, verbinden sich auch der Wasserstoff, der Schwefel, die Kohle, der Phosphor u. s. w. mit andern einfachen Körpern, und bilden Zusammensetzungen der ersten Classe. Diese Verbindungen nennen die Franzosen Hydrures, Sulfures, Carbures, Phosphures etc. Z. B. Schwefel-Wasserstoff Hydrure de Soufre (Sulphuretum Hydrogenii nach Berzelius), Schwefel-Kohlenstoff Carbure de Soufre (Sulphuretum carbonici nach Berzelius). Einige Verbindungen des Wasserstoff's mit andern einfachen Körpern verhalten sich in mehrfacher Hinsicht, besonders was ihre Verbindung mit andern Grundlagen zu Salzen betrifft,

wie die durch den Sauerstoff gebildeten Säuren. Daher hat man ihnen in neuern Zeiten auch den Namen Wasserstoffsäuren beygelegt. Dahin gehören der schon angeführte Schwefel-Wasserstoff als Schwefel-Wasserstoff-Säure, acide hydro sulfurique, die Jodine Wasserstoffsäure acide hydriodique (Jodas hydricus nach Berzelius), die Chlorin-Wasserstoffsäure (Salzsäure Aurias hydricus nach Berzelius).

§. 139.

Die Zusammensetzungen höherer Ordnungen kommen in dem unorganischen Naturreich vorzüglich bey den Salzen vor. Unter Salz versteht man gegenwärtig eine jede chemische Verbindung einer Säure mit einem andern Körper, welchem man den Namen Grundlage, Basis, beylegt. Der Begriff und die ältere Definition der Salze war von dem gemeinen Kochsalze und einigen ihm nahe stehenden Körpern entnommen, worin die Säure den einen und das Alkali den andern Bestandtheil ausmacht. Man bezeichnete die Salze durch salzig schmeckende, leicht in dem Wasser auflösliche, krystallisirbare, unverbrennliche Körper. Fürs gemeine Leben kann man die engere Beschränkung des Begriffs von Salz immer beybehalten, in der Wissenschaft nicht mehr. Schon Bergman unterschied alkalische, erdige und metallische Salze, je nachdem die Grundlage des Salzes ein Alkali, eine Erde oder ein Metall sey. Diese Eintheilung fället nun weg, da wir durch Davy's Entdeckungen über die Zusammensetzung der Alkalien wissen, daß die alkalischen, erdigen und metallischen Grundlagen der Salze unter die gemeinschaftliche Classe von Oxyden gehören. Ja es ist bemerkenswerth, daß derselbe Stoff in Verbindung mit einem Körper die Rolle einer Säure, in Verbindung mit einem

andere die Rolle eines Alkali übernehmen kann. Hierher gehört z. B. die Kieselerde nach Berzelius. Halten wir uns indessen an solche Körper, wo die entgegengesetzten Eigenschaften einer Säure und eines Alkalis recht hervortretend sind, so ist dann keine Verwechslung möglich. Nehmen wir z. B. Schwefelsäure, so äussert solche, mit Wasser gehörig verdünnet, auf der Zunge den von Jedermann als sauer anerkannten Geschmack, sie färbt die blauen Pflanzensäfte roth, macht die rothen und gelben heller, äussert eine starke auflösende Kraft gegen Alkalien, Erden, Steine und Metalle, und ein eben so starkes Bestreben sich mit diesen Körpern zu krystallisirbaren Salzen zu verbinden, worin die auszeichnenden Eigenschaften der Säure nicht mehr vorhanden sind. Nehmen wir dagegen das Kali, d. i. das Salz, welches man durchs Kochen der Pflanzenasche mit gebranntem Kalk, und durch Abdämpfen der Lauge bis zur Trockne erhält, und bringen ein wenig davon in Wasser gelöset auf die Zunge, so wird man einen scharfen brennenden nicht sauren Geschmack empfinden, welchen wir durch den alkalischen bezeichnen. Eben dieser Körper äussert gegen alle Säuren eine sehr starke Anziehkraft und ein Bestreben sich mit ihnen zu neutralen Salzen zu verbinden, die weder sauer noch alkalisch schmecken. Auf die Pflanzenfarbe wirkt er so, daß die blauen grün, die gelben braun, die hellrothen dunkel, und die durch Säure veränderten in ihre vorige Farbe wieder hergestellet werden. So haben wir unter der Schwefelsäure den Repräsentanten der Säuren, unter dem Aetzkali den der Alkalien oder Basen überhaupt kennen gelernt. Denken wir uns nun zwischen den beiden äussersten Gliedern eine grosse Reihe von innen liegenden Körpern, an welchen die eben erwähnten Eigenschaften immer schwächer werden und endlich in einander fliess-

sen, so darf es uns so sehr nicht befremden, daß es gewisse Körper geben könne, die gegen die ihnen in der Reihe vorliegenden sich als alkalisch, gegen die ihnen nachfolgenden als sauer verhalten.

§. 140.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung über den Gegensatz zwischen den Säuren und Alkalien oder salzfähigen Grundlagen wollen wir uns bemerken, daß die Verbindungen der Säuren mit den Grundlagen auf dreierlei Weise Statt finden können. 1) Die vollkommensten chemischen Vereinigungen worin kein Bestandtheil vorherrschet, die neutralen Salze; 2) die Verbindungen worin die Säure vorherrschet, die sauren Salze; 3) die Verbindungen worin die Basis vorherrschet, die basischen Salze.

Die Verbindungen der beiden letzten Classen sind ebenfalls auf bestimmte Verhältnisse eingeschränkt, in denen entweder das doppelte, drei- oder vierfache der Säure oder der Basis von dem neutralen Verhältniß vorhanden ist. Ferner müssen wir unterscheiden, ob die Säure, welche mit der Basis in Verbindung tritt, eine vollkommne (mehr Sauerstoff enthaltende) oder eine unvollkommne (weniger Sauerstoff enthaltende) sey. So giebt es z. B. schwefelsaure Salze (sulfates, sulphates) und schweflichsaure Salze (sulfites, sulphites). In Hinsicht der Basen müssen wir unterscheiden, ob es Oxyde oder Oxydüle sind. Z. B. schwefelsaures Eisenoxyd, (Sulphas ferricus n. Berzelius) schwefelsaures Eisenoxydul (Sulphas ferrosus nach Berzelius).

Nach der Erfahrung nimmt jedes Salz bey seiner Krystallisation einen bestimmten Antheil Wasser als Bestandtheil in sich auf. Da nun jede chemische Verbindung

des Wassers mit einem andern Körper, ein Hydrat genannt wird, so sind alle krystallisirten Salze zugleich Hydrate.

Es scheinen zwar die Mengen des in die Salze eingehenden Krystallisationswassers ebenfalls bestimmten Verhältnissen unterworfen zu seyn, doch sind diese bisher noch nicht auf so einfache Zahlen zurückgeführet worden, als die Verbindungen des Sauerstoffs mit den einfachen Körpern, und der Säuren und der Basen untereinander.

§. 141.

Wir wenden uns zu der von Berzelius eingeführten Zeichensprache. Hiernach werden die einfachen Stoffe durch die großen Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen bezeichnet. Z. B. der Sauerstoff (Oxygenium) durch O. Schwefel (Sulphur) durch S. Ist hierbey eine Verwechslung möglich, so nimmt man den nächstfolgenden Buchstaben, oder den nächsten Consonanten zu Hülfe: z. B. Si. = Silicium, St. = Stibium, Sn. = Stannum.

Um die Verbindungen der einfachen Stoffe unter einander in verschiednen Verhältnissen zu bezeichnen, wählet Berzelius Zahlen, die er vor die Grundstoffe schreibt. Für die sehr häufig vorkommenden Verbindungen des Sauerstoff's der Kürze wegen auch nur Puncte, welche über die Basis gesetzt werden. Z. B. Cu + O oder kürzer $\dot{Cu}$ bezeichnet Kupferoxydul, bestehend aus einem Theil Kupfer und einem Theil Sauerstoff

$$Cu + 2O,\ \text{kürzer}\ \ddot{Cu}$$

heißt Kupferoxyd, bestehend aus einem Theil Kupfer und zwei Theilen Sauerstoff.

Ebenso

Schweflichte Säure S + 2 O kürzer $\ddot{S}$, ein Theil Schwefel,
zwei Sauerstoff

Schwefel-Säure S + 3 O = $\dddot{S}$, ein Theil Schwefel,
drei Sauerstoff.

Ein aus zwey Körpern erster Ordnung zusammengesetztes Salz wird durch Nebeneinanderschreiben der Zeichen, der Bestandtheile, angegeben. Trifft hiebey der Fall ein, daß einer der Bestandtheile, die Säure oder die Basis, oder beide zugleich nach mehrfacher Atomenzahl in die Verbindung eingehen, so wird die Atomenzahl wie der Exponent einer Potenz angegeben.

Z. B. Schwefelsaures Kupferoxyd = $\dot{Cu}\,\dddot{S}^2$

basisches = $\dot{Cu}^3\,\dddot{S}^2$

Das erste Zeichen giebt an, daß 2 Atomen Schwefelsäure mit einem Atom Kupferoxyd, das andere, daß zwei Atomen Schwefelsäure mit 3 Atomen Kupferoxyd verbunden sind. Auf ähnliche Weise bezeichnet Berzelius auch das Wasser = Aq = H^2O, bestehend aus zwei Theilen Hydrogen und einem Oxygen.

Bey noch zusammengesetztern Verbindungen der höhern Ordnungen nimmt man der Deutlichkeit wegen die Additionszeichen zu Hülfe, z. B. krystallisirter Alaun = $(\dot{K}\,\dddot{S}^2 + 2\dddot{Al}\,\dddot{S}^3) + 48\,H^2O$ bezeichnet, daß der Körper aus einem Atom schwefelsauren Kali, zwey Atomen schwefelsaurer Alaunerde und 48 Theilen Wasser bestehe. Zugleich geben die einzelnen Zeichen die entferntern Bestandtheile an, nämlich

$\dot{K}\,\dddot{S}^2$ = 2 Theile Schwefelsäure
1 Theil Kali

$2\dddot{Al}\,\dddot{S}^3$ 2 Atomen schwefelsaure Thonerde bestehend aus
3 Theilen Schwefelsäure und einem Thonerde.

Achter Abschnitt.

Nähere Betrachtung einiger allgemein verbreiteten einfachen und zusammengesetzten Körper.

Vom Wasser.

§. 142.

Wir machen mit der Betrachtung des Wassers den Anfang, da dieser so allgemein verbreitete Körper nicht blos in Beziehung auf den Menschen, sondern überhaupt in der Gesammtheit der Naturerscheinungen so wichtig ist.

Die Natur bietet uns das Wasser nicht rein dar, sondern es kann nur durch die Kunst so erhalten werden, durch die Destillation aus harten gläsernen, oder besser wohl verzinnten kupfernen Gefäßen, hierbey bleiben die salzigen und erdigen, in dem Wasser aufgelößten Körper zurück. Das reine Wasser ist ein klarer, durchsichtiger geruch- und geschmackloser Körper, und als Trinkwasser nicht ansprechend.

Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für viele andere Körper, namentlich die Salze, die Säuren, den Schleim, den Zucker und viele andere Bestandtheile des Pflanzen-

und Thierreichs. Auch viele Gas- oder Luft-artige Körper löset das Wasser auf, besonders die sauren und alkalischen Gase in großer Menge. Die Gase nehmen bey ihrer Auflösung in dem Wasser die tropfbarflüssige Gestalt an, daher ist ihre Beymischung dem Auge nicht sichtbar, bis in dem Augenblick, wo sie sich von dem Wasser wieder trennen. Das Bestreben der Gase sich von dem Wasser zu trennen, und die Gasform wieder anzunehmen, ist oft so stark, daß eine geringe Erschütterung, verminderter Luftdruck, Temperaturerhöhung, oder auch die Auflösung eines andern Körpers in dem Wasser, schon hinreichen, die Verbindung wieder aufzuheben. Dann entweichen die Gase in Bläschengestalt, und wenn dieß plötzlich und in Menge geschieht, so heißt dieß Aufbrausen, wie bey den starken Mineralwassern in welchen man Zucker auflöset.

Durch den Gehalt an Säuren wird das Wasser ein Auflösungsmittel für Erden und Metalle, die es unmittelbar nicht aufgelöset haben würde. Mit einem Wort, das Wasser ist fast das allgemeinste Auflösungsmittel, dessen sich die Natur bedienet, um festen Stoffen die flüssige Form zu geben und sie so mehr geeignet zu machen, von den einsaugenden und ernährenden Gefäßen der Pflanzen- und Thierkörper aufgenommen zu werden, daher auch die Säfte dieser Körper größtentheils aus Wasser bestehen.

Nach Saussüre's Beobachtungen nehmen 100 Maaß Wasser folgende Menge von Gasen in sich auf.

Schweflichtsaures Gas . . .	4578 Maaß
Schwefelwasserstoff Gas . . .	253
Kohlensaures Gas	106
Oxydirtes Stickgas	76
* Sauerstoffgas	6,5
Kohlenwasserstoffgas	4,6
Stickgas	4,2

Die nach Saussüre angegebene Menge von Sauerstoffgas, welche sich mit dem Wasser vereiniget, ist diejenige, welche auf directem Weg durch die Wechselanziehung beyder Körper erhalten werden kann. Uebrigens ist es Thenard gelungen, eine viel größere Menge von Sauerstoff mit dem Wasser (das 600fache seines Volums) durch künstliche Mittel zu verbinden, welcher Verbindung man den Namen des überoxydirten Wassers beygelegt hat. Dieses Wasser lässet seinen Ueberschuß an Sauerstoff mit vielem Ungestümm oft unter Feuererscheinung fahren, wenn es mit den edlen Metallen oder auch mit andern stark negativelektrischen unmetallischen Körpern in Berührung kommt. Die Natur hat, so weit bekannt ist, diese Verbindung nicht geliefert. Die künstliche Bereitung besteht im wesentlichen darin, daß man das Superoxyd von Aetzbaryt in Wasser auflöset und den Baryt durch Schwefelsäure niederschlägt, da sich denn der Sauerstoff des Superoxyds mit dem Wasser vereinigt *).

*) Die Flüssigkeit wird darauf unter der Glocke der Luftpumpe durch Abdünsten concentriret.

§. 143.

Die natürlichen Wasser können eingetheilet werden: in Hinsicht ihres Vorkommens, in atmosphärisches Wasser, Quell- Fluß- See- und Meerwasser; in Hinsicht ihres Gehalts, in süße Wasser, Salzwasser, Mineralwasser; in Hinsicht ihrer Form, in festes, flüssiges und dunstförmiges Wasser. Das atmosphärische Wasser in flüssiger Gestalt ist der Regen, wie er sich durch Verdichtung des bläschenförmigen Dunstes der Wolken in Tropfen niedersenkt; und der Thau als der langsame Niederschlag des Dunstes aus den untern Schichten der Luft, wenn sie von kältern Körpern berühret werden. Atmosphärisches Wasser in fester Gestalt sind Schnee, Hagel und Reif. Den Schnee können wir für gefrornen krystallisirten Staubregen, den Hagel für gefrornen Tropfregen, und den Reif für gefrornen Thau erklären. Uebrigens herrschet über die Bildung

dieser meteorischen Niederschläge noch manches Dunkel, das weitere Beobachtungen aufklären müssen.

§. 144.

Quellwasser nennen wir alles Wasser, welches durch innern Druck aus der Oberfläche der Erde dringt, und dann dem Gesetz der Schwere gehorchend nach den tiefern Stellen abfliesset, wo es sich zu Bächen und Flüssen sammelnd, endlich dem Meere wieder zuströmt.

Den Ursprung der Quellen erkläret man am befriedigendsten aus dem Niederschlag des atmosphärischen Wassers, das, in so fern es nicht als Dunst wieder in die Luft zurückkehret, oder durch physische oder chemische Anziehkräfte von andern Körpern festgehalten wird, die obern lockern Erdschichten durchbringt, bis es auf undurchdringliche Thon- oder Felsschichten kommt, längst welchen es im Innern der Erde abfliesset. Da nun die hohen im Innern der Festländer liegenden Bergrücken, wegen der dort herrschenden kältern Temperatur diejenige Theile der Erdoberfläche sind, wo der meiste atmosphärische Niederschlag Statt findet: so wird begreiflich, wie viele Wasser im Innern der Erde einen bedeutenden Fall, und somit eine hydrostatische Pressung erlangen, welche sie nöthiget, theils an den Abhängen der Bergwände, theils weiter davon entfernt in den Ebenen als Quellen hervorzubrechen. Für diese Ansicht spricht das reichlichere Fliessen der Quellen in der nassen Jahreszeit, das häufigere Vorkommen der Quellen in bergigten, als in ebenen Gegenden, besonders der Ursprung der grossen Ströme in den mit ewigem Schnee bedeckten Gebirgsgegenden. Die Erfahrungen des Bergmanns, und das künstliche Erbohren der Quellen in lockern Sandschichten (Triebsand, Quellsand), denen Thonschichten zur Unterlage

dirnen. Endlich die Temperatur der Quellen, welche in der Regel von der mittlern Temperatur der Gegend nicht sehr verschieden ist.

Indessen wollen wir nicht alle Quellen von dem atmosphärischen Wasser ableiten. Manche, besonders solche, die in vulkanischen Gegenden vorkommen, mögen ihren Ursprung Dünsten verdanken, die durch die innere Erdwärme hervorgetrieben, wohl auch durch unterirdische Processe chemisch gebildet, und an der kältern Oberfläche der Erde wieder zu Wasser verdichtet werden. Manche Naturforscher sind geneigt auch diejenigen Mineralquellen für vulkanischen Ursprungs zu halten, welche, wie zum Beyspiel der Sprudel des Carlsbades, sich durch ihre weit über die mittlere Temperatur des Ortes, wo sie hervorkommen, gehende Wärme, so wie durch ihren reichlichern Mineralgehalt auszeichnen.

§. 145.

Daß durch das Zusammenfliessen der Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme und Seen gebildet werden, ist von selbst klar, so wie daß durch das Zuströmen der Gewässer in das Weltmeer diesem der Verlust ersetzt werde, welchen es unaufhörlich durch die Ausdünstung erleidet. Ob indessen hierbey eine völlige Ausgleichung Statt finde, oder wie einige Beobachtungen über das fortdauernde Zurücktretten der jetzigen Meeresfläche anzudeuten scheinen, eine allmähliche Verminderung des Meerwassers eintrette, ist eine Frage, die sich nach den bis jetzt vorhandenen Erfahrungen nicht mit Bestimmtheit beantworten lässet. Dafür aber sprechen viele Gründe, daß in den frühesten Zeiten, wo die jetzige Oberfläche der Erde noch nicht gebildet war, mehr Wasser vorhanden gewesen seyn müsse, als gegenwärtig. Man denke an die ungeheuere Menge von Muschel- und Schaalthieren, woraus die Gebirge der neuern Kalkformation bestehen, die sich dem Naturforscher offenbar

als ehemaliger Meeresgrund darstellen, an die geschichteten Lager der meisten Gebirgsmassen, wie sie sich nur als Niederschläge aus einer Flüssigkeit gebildet haben können. Hierzu kommt, daß ein großer Theil der festen Körper, die wir jetzt an der Oberfläche der Erde antreffen, Wasser als Bestandtheil enthält, welches doch wohl vor der Bildung dieser Körper die flüssige Gestalt gehabt haben mag, besonders da viele dieser Körper Krystallgebilde sind, die sich nur auf dem nassen Weg erzeuget haben können.

Um nicht mißverstanden zu werden, wollen wir ausdrücklich erinnern, daß wir durch das Obige keineswegs die Behauptung aufstellen, daß der ehemalige Meeresspiegel die Höhe von 12000 Fuß und darüber über dem jetzigen Meere gehabt haben müsse, als in welcher Höhe man noch Muschellager antriffet. Manche unserer Gebirge können ihre große Erhebung über dem jetzigen Weltmeere Kräften verdanken, die aus dem Innern des Erdkörpers herausgewirkt haben. Aber so viel ist doch gewiß, daß die Muschelbänke ehemals in einer Lage gewesen seyn müssen, wo sie von dem Wasser bedeckt waren, und da ihre Verbreitung über der Oberfläche der Erde so groß ist, so muß die Verbreitung des alten Meeres nicht minder groß gewesen seyn.

Beobachtungen und Angaben über die Verminderung des Wassers an der schwedischen Küste von N. Bruncrona Annal. der Phys. v. Poggendorf 1824.

§. 146.

Der verschiedne Gehalt der auf der Oberfläche der Erde vorkommenden Wasser, erkläret sich aus der großen Auflöslichkeit so vieler Körper in dem Wasser. Das reinste natürliche Wasser bieten uns die atmosphärischen Niederschläge dar. Doch enthalten auch sie verschiedne Beymischungen, namentlich Kohlensäure und, obwohl in geringer Menge, kohlensaure und salzsaure Salze, deren Basis nach Zimmermann (siehe dessen Abhandlung über Meteorwasser in Kastners Archiv 1 B. 3 H.) aus Kalk, Talk, Kali, Eisen und

Mangan bestehen. Die nach einer anhaltenden Trockniß plötzlich fallenden Gewitterregen enthalten zuweilen noch andere fremdartige Körper, welche dem Regenwasser einen eigenthümlichen Geruch, Farbe und Geschmack mittheilen. Ob diese, ihrem chemischen Verhalten nach, organischen Stoffe einen wesentlichen Bestandtheil jener Regenwasser und somit der Atmosphäre ausmachen, oder nur zufällige Beymischungen sind, möchte einer weitern Prüfung bedürfen.

Die Quellwasser enthalten wegen ihres längern Aufenthaltes in der Erde mehr fremdartige Bestandtheile als das Regenwasser. Die gewöhnlichen Bestandtheile der Quellwasser sind: Kohlensäure, und kohlensaure Kalkerde; zuweilen trifft man darin auch kohlensaure Talkerde, und kohlensaures Natron, Kali und Eisenoxyd an, sodann schwefelsaure Kalk- und schwefelsaure Bittererde. Sind einige dieser Salze in so großer Menge vorhanden, daß sie dem Wasser auffallende, von jenen Stoffen abhängige Eigenschaften ertheilen, so heißen solche Quellwasser, Mineralwasser. Die Mineralquellen unterscheiden sich auch durch ihren reichlichen Gehalt an Gasen von dem gemeinen Quellwasser. Man kann sie, nachdem einer oder der andere ihrer Bestandtheile vorherrschend ist, abtheilen in

Säuerlinge,	vorherschend	Kohlensäure
alkalische Wasser,	—	kohlensaures Kali, Natron.
Bitterwasser,	—	schwefelsaures Natron, Bittereerde.
Salzwasser,	—	salzsaures Natron.
Stahlwasser,	—	kohlensaures Eisenoxyd.
Schwefelwasser	—	Schwefelwasserstoff.

Einige Mineralquellen enthalten Stickgas. Auch hat Berzelius zuerst Flußsäure und flußsaure Salze in dem Carlsbader Brunnen entdeckt. Seifenartige, weiche Wasser

nennt man solche Quellen, welche vermöge eines freien Alkalis die Seife und fettige Substanzen leichter auflösen, und im Gegensatz härte Wasser, die vermöge eines reichlichen Gehalts an Säuren oder Salzen, die Seifenauflösung niederschlagen.

Soolen nennt man diejenigen Salzwasser, welche so reich an Kochsalz sind, daß es sich der Mühe lohnt, dieses Salz daraus zu gewinnen. Hierher gehöret in gewisser Hinsicht auch das Meerwasser, dessen vorzüglichster Bestandtheil wenigstens Kochsalz ist.

Nach Lavoisier enthält das Meerwasser Kochsalz, salzsauren Kalk und salzsaure Bittererde, Glauber- und Bittersalz, kohlensaure Kalkerde und etwas Gips. Aehnliche Bestandtheile fand auch Marcet, nämlich in 1000 Theilen Meerwasser

26,6 Kochsalz
4,60 Glaubersalz
1,232 salzsaure Kalkerde
5,154 salzsaure Bittererde, etwas kohlensaure Kalkerde. Wollaston hat überdem etwas salz- und schwefelsaures Kali darin entdeckt, aber nur $1/_{2000}$ des Ganzen. Die Dichte des Meerwassers wechselt von 60° nördlicher Breite bis zu 40° südlicher Breite von 1,0285 bis 1,0269. Dieß deutet auf einen Wechsel des Salzgehaltes von $1/_{24}$ bis zu $1/_{27}$ des Gewichts vom Wasser.

§. 147.

Das Wasser verlieret bey einer bestimmten Temperatur, die wir die Eiskälte nennen, seine Flüssigkeit, und geht in einen festen krystallisirten Körper, das Eis über. Dabey nimmt es einen um $1/_{10}$ größern Raum als vorher ein. Dieß Bestreben nach Raumsvergrößerung tritt schon vor dem Gefrieren ein, und ist die Ursache, daß das Wasser, wie wir aus der Hydrostatik wissen, bey $3\frac{1}{4}$° R die größte Dichte hat. Von da an nimmt der Raum des Wassers bis zur Siedhitze, anfänglich wenig, dann immer mehr zu. Die Zunahme von der größten Dichte bis zur

Siedhitze beträget 467/10000, und nur der vierte Theil dieser Größe kommt auf die erste Hälfte der Temperaturzunahme. Bey der Siedhitze verwandelt sich das Wasser in eine elastische Flüssigkeit (Wasserdampf, Wassergas), welche einen 1666 mahl größern Raum einnimmt, und eine dem Druck der Atmosphäre gleiche Spannkraft besitzt. Aber auch bey niederen Temperaturen bildet sich durch die Wirkung der strahlenden Wärme ein elastischer Wasserdunst, dessen Dichte und Spannkraft mit der Temperatur wechselt, wovon das Weitere in dem Abschnitt von der Wärme folgt. Dieser Wasserdunst befindet sich stets in größerer und kleinerer Menge in der Atmosphäre, und indem er in die Poren der festen Körper eindringt, und durch die Anziehkräfte verdichtet wird, bildet er den verschiedenen Feuchtigkeitszustand der Körper, wovon wir dann erst bestimmter reden können, wenn wir die Gesetze der Bildung der Wasserdämpfe und ihre Abhängigkeit von der herrschenden Temperatur kennen gelernt haben.

Die Ausdehnung des Wassers beym Gefrieren ist der Grund, warum fest zugeschlossene, mit Wasser angefüllte Gefäße bey einer starken Kälte zerspringen. Die Gewalt der Ausdehnung des frierenden Wassers kann eiserne Bomben zersprengen. Da das Eis um $1/10$ specifisch leichter ist, als das es umgebende Wasser, so äussert es ein starkes Bestreben sich nach der Oberfläche des Wassers zu begeben, dadurch werden die großen Eismassen des Polarmeeres gehoben und den unmittelbaren Wirkungen der Sonnenstrahlen ausgesetzt, auch schwimmend durch die Meeresströme in südlichern Breiten getrieben, wo sie wieder die flüssige Form annehmen. Ohne jenes wohlthätige Naturgesetz würde wahrscheinlich das ganze Weltmeer in den höhern Breiten ein ewiger Eisklumpen seyn. Nicht minder wohlthätig erscheint uns die geringe Ausdehnung des Wassers in den niedern Temperaturen, welche der mittlern Wärme an der Oberfläche der Erde entsprechen. Denn würde bey dem Uebergang der Winterkälte zur Frühlingswärme eine sehr plötzliche und starke Ausdehnung des Wassers, und somit aller Säfte der

Pflanzen, in welchen das Wasser den größten Bestandtheil ausmacht, eintretten, so möchten die zarten Gefäße der feinern Pflanzengebilde schwerlich dieser Gewalt widerstehen.

Zusammensetzung und Zerlegung des Wassers.

§. 148.

Lange hielt man das reine Wasser für eines der vier Haupt-Elemente, woraus alle andere Körper zusammengesetzt seyen, und es zweifelte fast Niemand an seiner Einfachheit, bis in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, nachdem man die verschiednen Gasarten entdeckt hatte, Cavendisch zuerst die Beobachtung machte, daß bey der Verbrennung der gemeinen entzündlichen Luft in verschlossenen trocknen Gefäßen, eine so große Menge von Wasserdunst sich erzeuge, welcher von dem in den Zwischenräumen der Luft enthaltnen Wasser nicht wohl abgeleitet werden könne. Dieß veranlassete Lavoisier und einige andere französische Chemiker, Versuche über die künstliche Erzeugung des Wassers durch das Verbrennen der Gasarten anzustellen. Man verbrannte bedeutende Mengen von entzündlicher Luft und Sauerstoffgas in gläsernen Gefäßen über Quecksilber, in welche man die beiden Gasarten aus zwei von einander gesonderten Behältern (Gasometern) durch einen gehörig moderirten Druck im Verhältnisse von 2 : 1 einströmen ließ. Durch stetes Abkühlen der Gefäße, worin das Verbrennen der Gasarten vor sich ging, erhielt man eine bedeutende Menge Wasser, dessen Gewicht dem Gewichte der verbrannten Gasarten entsprach. Man glaubte diese Erscheinung nicht befriedigender erklären zu können, als durch die Voraussetzung: das Wasser bestehe aus zwei

verschiednen Grundstoffen, wovon der eine die wägbare Grundlage des entzündlichen Gases, der andere des Sauerstoffgases ausmache. Den ersten Bestandtheil nannte man Wasserstoff (Hydrogéne), der andere führte bereits den Namen des Sauerstoff's.

Die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung des Wassers ist seit der Zeit durch eine Menge anderer Erfahrungen bestättiget worden, und bildet gegenwärtig eine der vorzüglichsten Grundlagen der Chemie. Seit der Entdeckung der voltaischen Säule und ihrer Kraft chemische Zersetzungen zu bewirken, stellt man den Versuch über die Zerlegung des Wassers am bequemsten so an, wie unten bey der Lehre von der Elektricität gezeigt wird. Früher bewieß Lavoisier die Zerlegung des Wassers durch folgenden Versuch. Er ließ Wasserdämpfe über Eisenfeile (Drath oder Nägel) streichen, die er in einem Flintenlauf, oder einer Porcellanröhre bis zum Glühen erhitzt hatte. Das Wasser zerlegte sich in der Glühehitze, gab entzündliches Gas (Wasserstoffgas) und führte zugleich das Eisen in den Zustand des Oxydul's über. So wie man sich durch diese und ähnliche Versuche von der Zusammensetzung des Wassers überzeugt hatte, erkannte man auch bald, daß nicht blos das Wasser als solches, sondern auch seine einzelnen Bestandtheile, vermöge ihrer chemischen Verwandtschaft zu andern Stoffen in die Verbindungen der Körper eingehen. Dieser Ansicht hat man vorzüglich die genauere Kenntniß der Zusammensetzungen der nähern Bestandtheile des Pflanzen- und Thierreichs zu danken. Hieraus erkläret es sich, warum das Wasser einen so wesentlichen Bestandtheil aller Nahrungsmittel, der Pflanzen und Thiere ausmacht. Sie zerlegen durch ihre Vegetations- und Assimilationskraft das Wasser, und eignen sich dessen Bestandtheile an.

Ich bediente mich bisher zur Anstellung des Versuch's über die Zusammensetzung des Wassers durchs Verbrennen der beiden Gase des einfachen Apparats, welchen Fig. 103 darstellet, A ist ein gläserner Ballen, mit abgeschliffenem Rand, der durch die Metallplatte CD luftdicht verschlossen werden kann. An diese ist unten die Blaseröhre GH angeschraubt, oben der damit in Verbindung stehende Hahn F. Der Ballen A wird mit Sauerstoffgas, oder atmosphärischer Luft angefüllt. B ist eine mit Wasserstoffgas gefüllte Rindsblase, welche ebenfalls mit einem Hahn E versehen ist. Beide Hahnen verbindet man mit einer unter einem rechten Winkel gebognen Glasröhre, durch etwas feucht gemachte dünne Blasen. Presset man durch Gewichte das entzündliche Gas, bey geöffnetem Hahnen zur Spitze H heraus, entzündet es, und taucht die Blaseröhre schnell in den Ballon A wie die Figur zeigt, so brennt der ausfahrende Gasstrom fort, und die kühl gehaltenen Wände des Ballens A beschlagen sich bald mit Wasserdunst, der zu Tropfen herabrinnt. Seit Döbereiners Entdeckung über die den Wasser- und Sauerstoff verdichtende Kraft der Platine, lässet sich dieser Versuch weit bequemer anstellen. Hiervon bey dem entzündlichen Gas.

Kohle, Kohlenstoff.

§. 149.

Die Kohle ist zwar ein sehr verbreiteter Körper, wird uns aber von der Natur in seinem reinsten Zustande nur in dem härtesten aller Edelsteine, dem Diamanten, dargeboten, dessen brennbare Natur aus seiner starken das Licht brechenden Kraft schon von Newton geahndet, durch die Versuche zu Florenz im Jahre 1694 bestättiget, und durch die Versuche Lavoisiers im Jahre 1771 so wie durch die spätern neueren Naturforscher bestimmt als der reinste Kohlenstoff nachgewiesen worden ist. Der Diamant verbrennt in dem Sauerstoffgas unter dem Focus des Brennspiegels und giebt nichts als kohlensaures Gas. Die reinsten, dem

stärksten Glühefeuer ausgesetzte vegetabilische Kohle scheint immer etwas Wasserstoff, so wie das Reißblei (eine der reinsten Kohlen des Mineralreichs) Eisen zu enthalten. Die Natur bietet uns in den Flötzgebirgslagen eine Menge Mineralkohlen, von der dichtesten Steinkohle, bis zur lockersten Braunkohle dar, die aber sämmtlich wohl aus dem organischen Naturreich ihren Ursprung entnommen haben, und nur mehr und weniger mit Mineralstoffen durchdrungen sind. Durch Austreibung aller flüchtigen Stoffe mittelst des Feuers erhält man aus allen organischen Körpern eine Kohle, aus den festern mehr, aus den weichern weniger. Die thierische Kohle wie z. B. die gebrannten Knochen (Beinschwarz) enthält phosphorsaure Kalkerde, die aus Blut und Faserstoff enthalten Kohlenstickstoff (Cayn), alle Holzkohlen mehr und weniger Wasserstoff, sie sind daher viel brennbarer d. i. leichter entzündbar als die thierischen- und Mineralkohlen. Da die thierische sowohl als die vegetabilische Kohle nach dem Verbrennen beym Zutritt des Sauerstoffs Asche hinterlässet die aus Erde und Salzen besteht, welche vor dem Verbrennen in der nicht Kohle nachgewiesen werden können, so sind ihre brennbaren Grundlagen wahrscheinlich mit der Kohle vereiniget.

Die reine Kohle ist an sich höchst feuerbeständig, unschmelzbar, (Hare's Beobachtungen, der die Kohle durch den starken elektrischen Funken seines Deflagrators geschmolzen haben will, verdienen weitere Prüfung) geruch- und geschmacklos, ob durchsichtig wie in dem Diamant, oder undurchsichtig wie in den übrigen Kohlenarten, scheint von dem Aggretatzustand herzurühren. Die Kohle ist nicht nur an sich unverweslich, sondern schützet auch die organischen Körper gegen die Verwesung, so wie

die Metalle gegen das Rosten. Sehr merkwürdig, und in Hinsicht der technischen Anwendungen wichtig, ist die starke Anziehkraft, welche die Kohle gegen färbende und riechende flüchtige in dem Wasser und andern Flüssigkeiten aufgelösete Stoffe äussert. Die thierische Kohle durchs Glühen von Blut mit kohlensaurem Kali erhalten, ist hierbey am wirksamsten, minder wirksam die in verschlossenen Gefäßen geglühten Mineralkohlen, am schwächsten die gemeinen Holzkohlen. Man bedienet sich dieser Eigenschaft der Kohle, um schlechtes Wasser trinkbar zu machen (in Schiffen bewahret man das Wasser in inwendig verkohlten Fässern auf), dem Weingeist, übelriechenden Oelen, Syrupen u. dergl. ihren Geruch und ihre Farbe zu benehmen. Wenn die Kohlen einmahl mit solchen flüchtigen Stoffen durchdrungen sind, so kann man ihre Wirkung durch wiederholtes Glühen nicht wieder erneuern.

Nicht weniger merkwürdig ist die anziehende und verdichtende Kraft, welche die Kohle auf mehrere Gase äussert, wovon bey diesen noch weiter geredet werden soll.

Von der Einrichtung der Filtrirmaschinen zur Reinigung des Wassers und anderer Flüssigkeiten in den Vorlesungen.

Schwefel.

§. 150.

Der Schwefel ist nicht minder als die Kohle sehr verbreitet. Vorzüglich häufig kommen die Verbindungen desselben mit den Metallen, besonders dem Eisen, Kupfer, Arsenik u. s. w. vor. Da diese Verbindungen besonders in den vulkanischen Gebirgen angetroffen werden, auch die Chemie uns gelehret hat, daß sowohl Verbindungen als Zerlegungen der Schwefelmetalle Feuererscheinungen, auch ohne

den Zutritt der Luft hervorbringen können, so haben mehrere Naturforscher den Grund des vulkanischen Feuers in dem häufigen Vorkommen des Schwefels im Innern der Erde gesucht. Sehr merkwürdig ist übrigens auch das beständige Vorhandenseyn des Schwefels in den aus der Luft herabfallenden Steinen (Aerolithen). Der Schwefel ist ein zu bekannter Körper, als daß er einer umständlichen Beschreibung bedürfte. Nur folgende Eigenschaften desselben wollen wir hier kurz erwähnen. Der Schwefel ist krystallisirbar in Octaedern, auch nach Mitscherlich in Prismen mit rhombischer Basis. Er schmilzt bey der Siedhitze des Wassers oder wenige Grade darüber, bey größerer Hitze wird er braun und entzündet sich dann leicht; in Wasser gegossen bildet der erhitzte Schwefel eine taigige Masse, die zu Abdrücken brauchbar ist. Bey einer Hitze von 143° C lässet er sich in verschlossenen Gefäßen überdestilliren, und schläget sich in Form eines gelben Pulvers nieder (Schwefelblumen). Der Schwefel tritt mit dem Sauerstoff in vier Verhältnisse 1 : 1, 2, 2½, 3, zusammen, die sämmtlich sauer sind, aber unmittelbar durch die Verbrennung erhält man nur eine Verbindung, die schweflichte Säure = 1 : 2. Der Schwefel kann mit fast allen einfachen Stoffen (den Stickstoff ausgenommen) in chemische Verbindung treten, darunter ist der Schwefelkohlenstoff die flüchtigste Flüssigkeit welche wir bis jetzt kennen. Der Schwefel ist löslich in den Alkalien den fetten Oehlen, dem Steinöhl, dem Alkohol, Aether u. s. w.

Phosphor.

§. 151.

Der Phosphor (Lichtträger) hat seinen Namen von

der Eigenschaft im Dunkeln zu leuchten erhalten. Er macht einen häufigen Bestandtheil des Thierreichs aus, kommt aber in allen drei Naturreichen vor. Brand und Kunkel stellten ihn zuerst aus dem Urin dar. Jetzt bereitet man ihn gewöhnlich aus der durch Schwefelsäure aus den Knochen abgeschiednen Phosphorsäure, die man mit Kohle vermengt bey einer hinlänglichen Hitze destilliret. Die Kohle entzieht der Säure ihren Sauerstoff, und der Phosphor verflüchtiget sich durch die Hitze und kann unter Wasser aufgefangen werden. Der Phosphor im reinen Zustande ist hellgelb, durchscheinend, nicht sauer, hat aber eine so starke Verwandtschaft zum Sauerstoff, daß er denselben bey der gewöhnlichen Temperatur leicht aus der Luft anzieht, und in phosphorigte Säure übergeht, dieß sind die im Dunkeln leuchtenden Dämpfe des Phosphors. Bringt man ein Stückchen Phosphor unter die Glocke der Luftpumpe und evacuiret schnell, so entzündet es sich zuweilen, welches befördert wird, wenn man den Phosphor mit etwas Harz oder Schwefel bestreuet. Man erkläret dieß aus der schnellen Verdünstung und Berührung der Dämpfe des Phosphors mit dem Sauerstoff im luftverdünnten Raum. In der Luft entzündet der Phosphor sich erst bey einer Temperatur von 24 — 28° R, verbrennt dann mit lebhaftem Glanz und verwandelt sich in Phosphorsäure. Von dieser Erscheinung wird unten bey dem Sauerstoff geredet. Der Phosphor tritt mit allen einfachen brennbaren Körpern in Verbindung, deren nähere Betrachtung für die Chemie gehöret.

Von der atmosphärischen Luft in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung.

§. 152.

So wie die Entdeckung der künstlichen Gasarten auf die Zusammensetzung des Wassers führte, eben so lehrte sie uns die atmosphärische Luft in verschiedenartige Bestandtheile zerlegen. Auch diese wichtige Entdeckung verdanken wir Lavoisiers Scharfsinn. Man nehme einen 10 Zoll langen, $1/2$ Zoll weiten, Glascylinder, schmelze ihn an einem Ende zu, bringe in den untern Theil des Gefäßes ein wenig wohl abgetrockneten Phosphor (etwa $1/2$ Gran), verschliesse das obere Ende des Cylinders mit einem gut passenden Kork luftdicht, und erwärme das zugeschmolzene Ende des Cylinders bis sich der Phosphor entzündet. Es bilden sich während des Verbrennens des Phosphors weiße Dämpfe (Phosphorsäure), die sich an der Wand des Gefäßes niederschlagen. Oeffnet man, nachdem alles wieder zur Temperatur der umgebenden Luft gekommen ist, den Kork unter Wasser, so wird das Wasser des Gefäßes in den innern Raum des Cylinders tretten. Man trage Sorge, die Oberfläche des Wassers im Cylinder durch Einsenkung des letztern mit der Oberfläche des Wassers im Gefäß in gleicher Höhe zu erhalten, und messe den Raum der zurückgebliebenen Luft; er wird $4/5$ des ursprünglichen Raums betragen. Es muß also $1/5$ der atmosphärischen Luft während des Verbrennens des Phosphors zur Bildung der Phosphorsäure verwendet worden seyn. Dieß ist der Antheil von Sauerstoff, welchen die atmosphärische Luft enthält. Bringt man den Rückstand der Luft, nachdem man ihn durch Auswaschen mit Wasser von den beygemengten phosphorsauren und unverbrannten phosphorigen Thei-

len gehörig gereiniget hat, in ein anderes Glasgefäß unter Wasser, um das Zutretten der atmosphärischen Luft zu verhüten; so wird dieser Rückstand so klar und durchsichtig, geruch- und geschmacklos wie die atmosphärische Luft erscheinen. Bringt man in denselben einen entzündeten Schwefelspahn, oder irgend einen andern brennenden Körper, so verlischet er augenblicklich. Eben so würde ein warmblütiges Thier in diese Luft gebracht augenblicklich ersticken. Man hat daher diesem Antheil der atmosphärischen Luft den Namen Stickgas (azote) beygelegt. Bis jetzt müssen wir diesen Stoff für ein chemisches Element halten, obgleich von Zeit zu Zeit manche Naturforscher seine Einfachheit aus theoretischen Gründen bezweifelt haben.

§. 153.

Der Stickstoff und Sauerstoff sind nicht die einzigen Bestandtheile der Atmosphäre, welche wir bestimmt nachzuweisen im Stande sind. Es gehören hierher auch das kohlensaure Gas und der Wasserdampf.

Man setze eine Auflösung von ätzendem Kalk in Wasser (Kalkwasser) in einer flachen Schaale der Einwirkung der Luft aus; es wird sich durch Anziehung der Kohlensäure aus der Luft an der Oberfläche der Flüssigkeit ein weißes erdiges Häutchen bilden (kohlensaurer Kalk), welches nach und nach immer dicker und endlich so schwer wird, daß es zu Boden sinkt, und der Bildung eines neuen Häutchens Gelegenheit bietet. So schläget sich nach und nach aller Kalk als ein kohlensaures Salz nieder.

Schüttelt man die genannte Auflösung in etwas geräumigen gläsernen Flaschen, die man luftdicht verschliessen kann, mit atmosphärischer Luft, und wartet bis sich alle Kohlensäure aus der nicht erneuerten Luft niedergeschlagen

hat, so lässet sich aus der Menge des Niederschlags auf den Gehalt an Kohlensäure in der Atmosphäre schliessen.

Saussüre fand den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure nach den Jahreszeiten veränderlich, im Winter geringer $= \frac{4,79}{10000}$ im Sommer größer $= \frac{7,13}{10000}$. Andere Naturforscher fanden die Menge der Kohlensäure in der Luft auch nach den Orten veränderlich, über dem Meere geringer als über dem Festlande.

Um sich von der Gegenwart der Wasserdämpfe in der atmosphärischen Luft zu überzeugen, bringe man die Luft in eingeschlossenen gläsernen Gefäßen mit austrocknenden Salzen in Berührung. Am beßten dienet dazu frisch ausgeglühter salzsaurer Kalk, weil derselbe nur auf die Feuchtigkeit nicht auf die Kohlensäure anziehend wirkt. Die Gewichtszunahme des austrocknenden Salzes giebt die Menge der in der Luft enthaltnen Wasserdämpfe an. Diese ist nach der Temperatur und nach dem Grade der Sättigung sehr veränderlich. Bey + 20° R würde ein pariser Cubikfuß Luft, wenn er ganz mit Feuchtigkeit gesättiget wäre, unter einem Druck von 28 Zoll Barometerstand, dem Raum nach nahe $\frac{1}{33}$, und dem Gewicht nach nahe $\frac{1}{55}$ an Feuchtigkeit enthalten. Wäre dagegen die Temperatur die Eiskälte, so würde unter übrigens gleichen Umständen die Menge der Wasserdämpfe nur $\frac{1}{5}$ der vorhergehenden betragen. Die Werkzeuge, deren man sich bedienet, um die Menge der Feuchtigkeit in der Atmosphäre zu bestimmen, heißen Hygrometer. Hiervon bey der Lehre von den Dünsten in dem Abschnitt von der Wärme.

Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdunst und Kohlensäure sind die ständigen chemisch nachgewiesenen Bestandtheile unsrer Atmosphäre. Ob die einzigen? Letzteres ist kaum wahrscheinlich,

wenn man bedenkt, daß fast alle Körper, feste sowohl als flüssige, auf der Oberfläche der Erde ausdünstungsfähig sind, und daß die Atmosphäre der Sammelplatz aller dieser Ausdünstungen ist. Ferner, wenn man die mancherlei Meteore ins Auge fasset, die wenigstens größtentheils innerhalb unsrer Atmosphäre vorgehen, und welche bey weitem nicht genau erforschet sind. Wir erinnern hierbey nicht blos an die Aerolithen und die merkwürdigen Hagelfälle mit metallischem Kern, sondern auch an die trocknen Nebel, Höhenrauch genannt, an den schon oben erwähnten Gehalt der Regenwasser, den fadenartigen Niederschlag des fliegenden Sommers, an die elektrisch magnetischen Nordlichter, deren dunstartige leuchtende Substanz, nach den Beobachtungen von Parry, Richardson und Hood oft noch unterhalb der gewöhlichen Wolkenregion sich bildet.

§. 154.

Man kann fragen, sind die einzelnen Bestandtheile der Atmosphäre blos mechanisch, oder chemisch mit einander verbunden? Nach unsrer gegenwärtigen Kenntniß müssen wir uns für die erste Meinung entscheiden, und zwar aus folgenden Gründen. Erstens können wir durch eine mechanische Mengung der einzelnen Stoffe, woraus die atmosphärische Luft besteht, einen dieser in seinen Eigenschaften ähnlichen Körper hervorbringen. Zweytens sind die Eigenschaften der einzelnen Bestandtheile der atmosphärischen Luft in ihrer Verbindung deutlich zu erkennen, und verändern sich nicht wenn man den einen oder andern Bestandtheil ganz oder theilweise fortschaffet. Z. B. eine völlig trockne Luft unterscheidet sich von der feuchten Luft durch den Mangel an Wasserdunst; eine ihres Sauerstoffes zum Theil beraubte atmosphärische Luft zeigt zwar diesen Mangel an, aber ihre übrigen Bestandtheile werden in ihren Eigenschaften nicht verändert. Dieß stimmt aber nicht mit unsern Erfahrungen von chemischen Verbindungen überein, denn selbst bey den einfachen Lösungen

von einem Salz im Wasser geht wenigstens eine Raumsveränderung der gemischten Stoffe vor. Von der Art, wie nach Dalton's Vorstellung die verschiednen gasartigen Flüssigkeiten in unsrer Atmosphäre gemengt seyen, ist §. 99 geredet worden. Auch haben wir bereits erwähnt, daß man sich die Gasarten nicht als stetige, sondern als durch den Wärmestoff strahlende Flüssigkeiten denken müsse, wodurch die leichte Vermischbarkeit verschiedner Gasarten von ungleichem specifischen Gewicht am beßten begreiflich wird.

Nähere Betrachtung einiger künstlichen Gasarten.

§. 155.

Die chemische Zusammensetzung der atmosphärischen Luft führet uns auf die Lehre von den sogenannten künstlichen Gasarten; deren die neuere Chemie bereits eine Menge entdeckt hat, und deren Zahl sich mit unserer fortschreitenden Kenntniß von den Körpern stets vermehret. Wir werden uns hier auf die nähere Betrachtung derjenigen Gasarten einschränken müssen, welche wegen ihrer allgemeinern Verbreitung bey den Erscheinungen der Natur vorzüglich berücksichtiget zu werden verdienen.

§. 156.

Man kann die Gase in Hinsicht ihrer verschiednen Eigenschaften auf verschiedne Weise eintheilen: in entzündliche und nicht entzündliche Gase, in Gase welche mit dem Wasser mischbar sind, und solche die es nicht, oder nur in geringer Menge und unter einem starken Druck sind, in einathembare und nicht einathembare oder mephitische Gasarten.

Unter den entzündlichen Gasen versteht man solche, welche sich durch die Berührung eines brennenden oder bis zum Glühen erhitzten Körpers entzünden lassen, und unter dem Zutritt der Luft mit Flamme verbrennen. Das Wasserstoffgas, oder die gemeine entzündliche Luft, gehöret vorzüglich hierher, auch ist der Wasserstoff ein Bestandtheil der meisten entzündlichen Gasarten. Unter die mit dem Wasser mischbaren Gase gehören die sauren und alkalischen Gasarten, unter die einathembaren die atmosphärische Luft und das Sauerstoffgas.

Wir machen mit der Betrachtung derjenigen Gasarten den Anfang, welche wir schon als Bestandtheile der Atmosphäre haben kennen gelernt.

Das Sauerstoffgas.

§. 157.

Dieses als Bestandtheil unsrer Atmosphäre vorkommende Gas reiner darzustellen, bringe man fein pulverisirtes graues Braunsteinerz (Mangan-Superoxyd) in eine Retorte von Eisen, oder Glas (letztere wohl mit Thon bekleidet), kütte an die Oeffnung der Retorte eine doppelt gekrümmte Röhre, deren Ende zu einer mit Wasser gefüllten, und in einem weitern Gefäß voll Wasser umgestülpten Flasche führet, siehe Fig. 104. Erhitzt man die Retorte in einem Windofen bis zum lebhaften Glühen, so geht eine große Menge von Gas über, welches nicht mit dem Wasser mischbar ist, und auf die beschriebene Weise in gläsernen Flaschen aufgefangen werden kann.

Eine andere über den Reductionsproceß der Metalle Belehrung gebende Art das Sauerstoffgas darzustellen, ist folgende:

Man nehme eine kleine Retorte von dünnem Glas (am beßten vor der Lampe geblasen), an welcher ausser der zur Auffangsflasche führenden gekrümmten Röhre sich noch eine zweite mit einem Stöpsel zu verschliessende Oeffnung a Fig. 105 befindet. Durch diese Oeffnung bringt man rothes Quecksilberoxyd (rothen Präcipitat) in die kleine Retorte, und erhitzt dieselbe über einem Kohlenbecken nach und nach bis zum Rothglühen. Das rothe Quecksilberoxyd färbt sich dunkel, dann metallisch glänzend; es gehen Quecksilberdämpfe in die gekrümmte Röhre, verdichten sich und sammeln sich als laufendes Quecksilber unter dem Wasser der Wanne, indessen Sauerstoffgas in die Auffangsflasche entweicht. Da bey diesem Versuch kein anderer Körper im Spiel ist, so geht daraus klar hervor, wie durch Austreibung des Sauerstoffes als Gas mit Hülfe der Wärme das Quecksilberoxyd in metallisches Quecksilber verwandelt wird. Daß bey dem zuerst beschriebenen Versuch kein metallisches Mangan zum Vorschein kommt, rühret von der starken Anziehung dieses Metalles gegen den Sauerstoff her, welche nur einem Theil desselben gestattet, durch die Hitze als Gas zu entweichen. Auf ähnliche Weise wie aus dem Braunstein- und Quecksilberoxyd erhält man auch aus den Oxyden anderer Metalle, besonders wenn sie vorher mit Schwefel- oder Salpetersäure befeuchtet worden sind, durchs Glühen Sauerstoffgas; desgleichen aus den salpetersauren Salzen, und dem oxydirt salzsauren Kali (chlorsauren Kali) und zwar aus dem letztern sehr rein, durch Erhitzung dieses Salzes in gläsernen Retorten. Bey den salpetersauren Salzen wird durch diese Processe die Salpetersäure in ihre Bestandtheile zerlegt, und entweicht als Sauerstoff und Stickgas, daher man beide besonders gegen das Ende des Processes mit einander gemengt erhält.

§. 158.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Sauerstoffgases, dessen spec. Gewicht

1,10359 nach Biot

1,10562 nach Saussüre ist, sind folgende:

1) Es ist zur Unterhaltung aller Verbrennungsprocesse weit tauglicher als die atmosphärische Luft. Man bringe einen glühenden Holzspahn, oder einen eben ausgeblasenen noch glühenden Docht einer Kerze in Sauerstoffgas; sie werden sich von selbst zur Flamme entzünden. Eine entzündete Wachskerze brennt in dem Sauerstoffgas mit einem prasselnden lebhaft glänzenden Licht, und verzehret sich viel schneller als in der atmosphärischen Luft. Schwefel brennt darin mit einer röthlichen, Phosphor mit einer blendend weißen Flamme, deren Glanz das Auge kaum ertragen kann. Befestiget man an einer stählernen Uhrfeder etwas Zunderschwamm, entzündet denselben und bringt die Vorrichtung in eine etwas hohe (nicht zu enge) Glasflasche, die man vorher mit Sauerstoffgas gefüllt hat, so wird sich der Zunder zur Flamme entzünden, und den untern Theil der Uhrfeder zum Glühen bringen, welche dann fortbrennt und sich unter Funkensprühen selbst verzehret, indem sie theils als geschmolznes glühendes Metall herabfällt, theils durch Anziehung des Sauerstoffs in Eisenoxyd verwandelt wird, das nach dem Versuch als ein gelbrother Rauch die Flasche erfüllt und sich allmählig niederschläget.

2) Der Proceß des Athemholens eines warmblütigen Thieres dauert in einem eingeschlossenen Raume voll Sauerstoffgas ungefähr 4 bis 5 mahl so lange, als in einer gleichen Menge von atmosphärischer Luft. Untersucht man den Rückstand der atmosphärischen Luft, worin ein Thier

gestorben ist, so findet man einen Theil des Sauerstoffs verschwunden, und dagegen kohlensaures Gas und Wasserdunst nebst einer überwiegenden Menge von Stickgas. Bringt man in einen solchen Rückstand von Luft ein anderes warmblütiges Thier, so giebt es fast augenblicklich seinen Geist auf. Setzt man aber jenem Rückstand den verlornen Antheil von Sauerstoff wieder zu, so kann dann der Athmungsproceß aufs Neue Statt finden. Bringt man ein scheintodtes in einem mephitischen Gas erstickte Thier schnell genug in Sauerstoffgas, oder bläset man ihm durch eine künstliche Vorrichtung Sauerstoffgas in die Lunge, so kann dadurch das Athemholen und mit ihm der Lebensproceß wieder angefacht werden. Man hat daher nicht mit Unrecht dem Sauerstoffgas den Namen Lebensluft beygelegt, da es derjenige Bestandtheil der Atmosphäre ist, ohne welchen das thierische Leben nicht bestehen könnte. Indessen muß man doch mit Recht bezweifeln, ob wir uns besser befänden, wenn wir eine reine Sauerstoffgasathmosphäre einathmeten. Wahrscheinlich würde sich dann das Leben so viel schneller verzehren wie die brennende Kerze in dem reinen Sauerstoffgas.

Ueber die Functionen des Athemholens, und die damit verknüpften Processe des thierischen Lebens sind die Meinungen der Naturforscher noch getheilet. Nach der Meinung von Crawfurd, Lavoisier und Seguin wird der mit der atmosphärischen Luft eingeathmete Sauerstoff zum Theil von dem Blute aufgenommen, welches dagegen einen Theil seines Kohlen- und Wasserstoffs fahren lässet, der sich mit einem andern Antheil Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasserdunst umbilde, welche zugleich mit dem Stickgas wieder ausgehaucht werde. Die bey diesem Proceß zugleich frei werdende Wärme erhitze das Blut und werde durch die Circulation in dem ganzen Körper vertheilet. Nach Humphry Davy athmet der Mensch in einer Minute 161 Cubikzolle Luft ein und 152 Cubikzolle aus. Die absorbirten 9 Cubikzolle sind theils Sauerstoff, theils Stickgas, die

Menge der gebildeten Kohlensäure beträgt 15,8 Cubikzoll. Dagegen wird nach Allen und Pepys eben so viel Luft ein- als ausgeathmet, kein Stickgas absorbiret, und die Menge der gebildeten Kohlensäure beträgt 8 — 8½ Procent. Den Widerspruch, daß man bald eine Absorption von Stickgas, bald keine beobachtet hat, will Edwards aus der Fähigkeit des Bluts Stickgas zu verschlucken und auszuhauchen erklären, die sich nach den Umständen verändere. Nach den neuesten Versuchen von Dülong verschwindet bey dem Athmen mehr Sauerstoff als zur Bildung der ausgehauchten Kohlensäure verwendet wird, und zwar beträget dieser Verlust an Sauerstoff bey den grasfressenden Thieren $^1/_{10}$ bey den fleischfressenden $^1/_5$ — $^1/_2$ von der ganzen Menge des eingeathmeten Sauerstoffes. Die Menge der durch den Athmungsproceß erzeugten Wärme schätzt Dülong auf 0,8 von der in gleicher Zeit aus dem thierischen Körper verloren gehenden Wärme. Es muß also noch eine andere Quelle der thierischen Wärme, ausser dem Athmungsproceße, vorhanden seyn.

§. 159.

Man bringe in eine gläserne Flasche mit etwas langem Hals, welchen man luftdicht verschliessen kann, Sauerstoffgas und zugleich ein Amalgama aus Zinn und Quecksilber, und verschliesse dann die Oeffnung der Flasche. Erwärmt man darauf das Amalgam über einem Kohlenfeuer unter Umschütteln, so verwandelt sich dasselbe bald in einen dunkelgrauen Staub (ein Gemenge aus Quecksilber- und Zinnoxyd). Oeffnet man, nachdem die Temperatur wieder auf die der umgebenden Körper zurückgekommen ist, die Flasche unter Wasser, so tritt dasselbe in die Flasche, und nimmt den Raum des durch die Oxydation der Metalle verschwundnen Sauerstoffgases ein. Die Gewichtsvermehrung der oxydirten Metalle stimmt mit dem Gewicht des verschwundnen Sauerstoffgases überein. Durch solche Versuche hat man sich überzeuget, daß die sogenannte

Verkalkung oder Verbrennung der Metalle nichts anders als ein Oxydationsproceß ist, wobey der Sauerstoff in der Regel aus der Atmosphäre genommen wird. Die Anziehung der Metalle gegen den Sauerstoff ist von sehr verschiednem Grade. Manche Metalle, wie Platina, Gold und Silber haben eine so geringe Verwandtschaft gegen den Sauerstoff, daß sie auf trocknem Wege selbst in der Glühehitze nicht oxydirt werden, sondern nur auf dem nassen Wege durch die Auflösung in Säure. Mit den eben genannten edlen Metallen bilden die von Davy entdeckten Metalloiden der Alkalien den schärfsten Gegensatz. Sie besitzen eine so starke Anziehkraft gegen den Sauerstoff, daß sie denselben der Atmosphäre und dem Wasser bey jeder Temperatur entziehen, und unter Verbrennung wieder in den Zustand der alkalischen Oxyde zurückkehren. Zwischen diese äussersten Glieder der Reihe der Metalle ordnen sich alle übrigen nach ihrer verschiednen Verwandtschaft zum Sauerstoff hinein. An die Reihe der edeln Metalle schliessen sich zunächst das Quecksilber und Kupfer an, an die verbrennlichen Metalloiden der Zink und das Eisen.

§. 160.

Ausser den Metallen zeichnen sich vorzüglich mehrere brennbare Körper durch ihre starke Anziehung zum Sauerstoff aus, so daß sie denselben schon bey der gewöhnlichen Temperatur der Luft zu entziehen vermögen. Hierher gehören namentlich der Phosphor, dessen im Dunkeln leuchtende Dämpfe sich durch Anziehung des Sauerstoffs der Atmosphäre in phosphorige Säure verwandeln, sodann der aus Alaun und Kohle bereitete Pyrophor, welcher sich von selbst an der feuchten Luft entzündet, die Schwefelalkalien, das Salpetergas und selbst der Wasserstoff mit Hülfe des Platinaschwamms

nach Döbereiners Entdeckung. Da, wie wir gesehen haben, es der Gehalt an Sauerstoff ist, welcher die atmosphärische Luft für Menschen und Thiere einathmungsfähig macht, so hat man alle Körper, welche die Menge des Sauerstoffs in der Atmosphäre oder einem andern Gas zu erkennen geben, eudiometrische Körper (Luftgüteprüfungsmittel) genannt. Man bedienet sich gewöhnlich hierzu, ausser dem Phosphor und den Schwefelalkalien, des Salpetergases und des Wasserstoffgases, und es soll bey diesen Gasen von den besondern Vorrichtungen hierzu, den Eudiometern, geredet werden. —

Nach Humboldt's und Schübler's Beobachtungen besitzen viele auf der Erde verbreitete Körper, besonders die mit Kohlenstoff und vegetabilischem und thierischem Dünger angeschwängerte Dammerde (der Humus) die Kraft den Sauerstoff aus der Atmosphäre an sich zu ziehen. Da nun nach Saussüre vorzüglich der Sauerstoff es ist, welcher das Keimen der Pflanzen befördert, und somit die Vegetation einleitet, so erkläret sich hieraus der Nutzen der Brache, so wie des Herumpflügens der Ackererde vor Winter.

Es ist äusserst merkwürdig, daß trotz der unzähligen Oxydationsproceße, welche täglich über der ganzen Oberfläche der Erde vor sich gehen, doch das Verhältniß des Sauerstoffs zum Stickstoff in der Atmosphäre nach den bis jetzt angestellten eudiometrischen Prüfungen überall und unveränderlich dasselbe gefunden wird. Man hatte nach der Entdeckung Priestley's, daß grünende Pflanzen dem Sonnenlicht ausgesetzt Sauerstoffgas aushauchen, die Erhaltung und Herstellung des Gleichgewichts in der Atmosphäre, dem über der Oberfläche der Erde verbreiteten Vegetationsproceß zugeschrieben. Da indessen spätere Beobachtungen gelehrt haben, daß viele Pflanzen bey Tage, und fast alle zur Nachtzeit Stickgas aushauchen und Sauerstoff verschlucken, so ist dadurch jene Behauptung wieder zweifelhaft geworden. Wollte man aber auch zugeben, daß die Ausscheidung des Sauerstoffes durch das Pflanzenleben die Einsaugung desselben überwiege, und dadurch das Gleichgewicht erhalten werde, so bleibt doch immer unerklärlich, warum unsre beßten eudiometrischen Untersuchungen ein so unverän-

derliches Mischungsverhältniß der Luft zeigen, man mag diese Untersuchung mitten über grünenden von der Sonne beschienenen Auen, oder in eingeschlossenen Wohnzimmern, mitten im Winter oder im Sommer, in den tiefsten Thälern oder den größten Höhen zu welchen man sich erhoben hat anstellen. Gestehen wir also, daß die Lösung dieser Aufgabe künftigen Zeiten vorbehalten bleibt.

Stickgas (Gasförmiger Stickstoff).

§. 161.

Wir wissen bereits, daß das Stickgas aus der atmosphärischen Luft durch Entziehung ihres Sauerstoffs ausgeschieden werden könne. Die Oxydation der Metalle giebt nach Berzelius ein vorzüglich reines Stickgas, wenn man ein flüssiges Bleyamalgama in einer wohlverschlossenen mit Luft gefüllten Flasche ein paar Stunden lang schüttelt. Sonst kann man auch das Stickgas erhalten, wenn man Salpetersäure über thierischen Theilen, vorzüglich Muskelfleisch mäßig erhitzt oder Chlorgas durch eine verdünnte Auflösung von ätzendem Ammoniak streichen lässet, wobey sich Salmiak bildet und Stickstoff durch Zersetzung des Ammoniaks ausscheidet. Das Stickgas kann unter Wasser aufgefangen werden, weil es wie das Sauerstoffgas und die atmosphärische Luft, wenig mit dem Wasser mischbar ist.

Die Eigenschaften des Stickgases sind in Vergleichung gegen den Sauerstoff fast alle negativer Art. Es ist untauglich zur Unterhaltung der Verbrennungs-, Oxydations- und Athmungsprocesse, geruch- und geschmacklos, weder sauer noch alkalisch. Der Stickstoff macht einen Hauptbestandtheil des Thierreichs, und derjenigen Pflanzenstoffe aus, die man scharfe nennt, wie Rettig, Zwiebeln u. dergl.

Der Stickstoff hat in den niedrigen Temperaturen keine bedeutende Verwandtschaft zu dem Sauerstoff. Mischet man aber 1 Theil atmosphärische Luft mit 4 Theilen Sauerstoffgas, und lässet durch das Gemenge vielmahls hintereinander elektrische Funken schlagen, so verbrennt bey jedem Funken ein Atom Stickstoff mit einigen Atomen Sauerstoff und bildet Salpetersäure. Auch entsteht diese Säure durch die Verbrennung des Wasserstoffgases mit atmosphärischer Luft, oder stickstoffhaltigem Sauerstoffgas. Mit dem Wasserstoff bildet der Stickstoff das Ammoniak, mit dem Kohlenstoff Cyan, mit Kohlen- und Wasserstoff die Blausäure, eins der heftigsten Gifte. Auch hat uns Liebig mit einer in den fulminirenden metallischen Salzen steckenden Säure bekannt gemacht, die nach ihm und Gay Lüssac aus Cyan und Sauerstoff, also aus Stick-, Kohlen- und Sauerstoff besteht. Sodann kann auch der Stickstoff mit dem Sauerstoff in mehreren Verhältnissen zu einigen gasförmigen Oxyden, von denen bald die Rede seyn wird, zusammentretten.

Bringt man in Stickgas etwas Phosphor, so leuchtet derselbe im Dunkeln, und verwandelt sich in phosphorigte Säure. Daraus folgerte Göttling, daß das Stickgas Sauerstoff als Bestandtheil enthalte. Später will man gefunden haben, daß dem auf die gewöhnliche Weise bereiteten Stickgase immer etwas Sauerstoff beygemengt sey, und daß das Leuchten des Phosphors im Stickgas aufhöret, wenn jener Antheil von Sauerstoff verzehret ist. Immer aber bleibt es merkwürdig, daß der Phosphor in reinem Sauerstoffgas bey der gewöhnlichen Temperatur nicht leuchtet, sondern nur bey einer höhern Temperatur, wobey er leicht verbrennt. Sollte der Stickstoff ein Oxyd seyn, und was ist denn seine unbekannte Grundlage?

Salpetergas (Stickstoffoxyd).

§. 162.

Man gieße gemeines Scheidewasser oder mit 3 Theilen Wasser verdünnte Salpetersäure, über Kupferfeile in einer kleinen gläsernen Flasche, welche mit einer doppelt gekrümmten Röhre zu dem gewöhnliche Gasauffangsapparat führet, und gebe mäßige Wärme. Es entsteht ein lebhaftes Aufbrausen, und das übergehende Gas kann, weil es nicht sehr mit dem Wasser mischbar ist, unter Wasser aufgefangen werden. Dieß ist das von Priestley entdeckte Salpetergas. Es ist in dem reinen Zustande völlig durchsichtig, geruch- und geschmacklos, und besitzt die merkwürdige Eigenschaft, der atmosphärischen Luft auch in ganz niedrigen Temperaturen ihren Sauerstoff zu entziehen, und damit unter Erwärmung orangenfarbige salpetrigsaure Dämpfe zu bilden, die mit dem Wasser mischbar sind, und indem sie sich zu flüssiger Säure verdichten eine bedeutende Raumsverminderung in den gemischten Gasarten erzeugen. Eben diese Erscheinung findet Statt, wenn man das Salpetergas mit irgend einem andern Gas, das freien Sauerstoff enthält, zusammenbringt, und im stärksten Grade, wenn man es mit Sauerstoffgas selbst verbindet. Dagegen findet die Erscheinung nicht Statt, wenn man das Salpetergas, mit Stickgas, mit entzündlichem Gas, mit kohlensauren Gas und mehreren andern mephitischen Gasarten vermengt.

Hierauf gründete Priestley sein Salpetergas-Eudiometer. Die Bildung des Salpetergases bey dem vorbeschriebenen Processe erkläret sich aus der Zerlegung der Salpetersäure durch die Anziehung des Metalles gegen den Sauerstoff derselben, wodurch ein Theil der Säure des-

oxydiret als Salpetergas entweicht, indessen das oxydirte Metall sich in dem übrigen Theil der Säure auflöset.

Die Salpetersäure ist eine von denjenigen Säuren, welche ihren Sauerstoff am wenigsten festhält, daher kann sie durch fast alle brennbare Körper leicht zerlegt werden.

Das Salpetergas wird durch den elektrischen Funken in Stickgas und Salpetersäure zerlegt. Auch giebt es in Verbindung mit brennbaren Körpern in den höhern Temperaturen Stickgas. Uebrigens gehöret es zu den mephitischen Gasarten, und ist, mit wenigen Ausnahmen, nicht geschickt, die Verbrennungsprocesse zu unterhalten. Von der Auflösung des grünen Eisenvitriols wird das Salpetergas, indem es die Flüssigkeit fast schwarz färbt, verschluckt; welche Eigenschaften dem Stickgas und Stickstoffoxydul nicht zukommen. Daher hat man die Eisenvitriolauflösung als ein Mittel die Reinheit des Salpetergases zu prüfen vorgeschlagen.

Oxydirtes Stickgas (Stickstoffoxydul).

§. 163.

Es giebt noch eine niedrigere Oxydationsstufe des Stickstoffs als die in dem Salpetergas, welcher man den Namen oxydirtes Stickgas, besser (nach Berzelius) Stickstoffoxydul gegeben hat. Man erhält dieses Gas, wenn man Salpetergas über einer Mischung von Schwefel, Eisenfeile und Wasser, oder auch nur über angefeuchtete Eisenfeile eine Zeitlang stehen lässet. Indem das Eisen durch Anziehung von Sauerstoff rostet, verwandelt sich das Salpetergas mit Verminderung von $1/3$ seines Raumes in gasförmiges Stickstoffoxydul. Man erhält dieses Gas unmittelbar, wenn man reines von Salzsäure freies salpeter-

saures Ammoniak in einer gläsernen Retorte erhitzt. Hierbey zerlegt sich das Salz auf doppelte Weise, der Wasserstoff des Ammoniaks tritt mit einem Antheil Sauerstoff der Salpetersäure zum Wasser, und das Salpetergas mit dem Stickstoff zu Stickstoffoxydul zusammen. Es ist merkwürdig, daß dieses Gas, ob es gleich weniger Sauerstoff als das Salpetergas enthält, doch seinen Sauerstoff leichter fahren lässet als dieses, und daher manche Verbrennungsproceße gleich dem Sauerstoff unterhält. So brennt ein entzündeter Schwefelspahn in dem Stickstoffoxydul mit röthlicher Flamme, Schwefel und Eisen brennen darinn wie in dem Sauerstoffgas. Eingeathmet erregt dieses Gas anfänglich angenehme wollüstige Empfindungen, zuletzt aber Schwindel und Betäubung.

Die verschiednen Verhältnisse, nach welchen der Stickstoff mit dem Sauerstoff zusammentretten kann, giebt Berzelius wie folgt an.

Stickstoffoxydul	= 100	Stickstoff	50	Sauerstoff
Stickstoffoxyd Salpetergas	= 100	—	100	—
Salpetrigte Säure	= 100	—	150	—
Salpetersäure	= 100	—	250	—

dem Raume nach.

Salpetergas Eudiometer.

§. 162.

Man nehme eine cylindrische Glasröhre von ½ — 1 Zoll Weite, schmelze davon ein 10 — 12 Zoll langes, und ein 2 Zoll langes Stück oben zu. Das kürzere Stück heißet das Maaß, man versieht es der Bequemlichkeit wegen unten mit einer metallenen Fassung, die sich durch einen Schieber luftdicht abschliessen lässet. In die längere

Röhre fülle man nach und nach so viel Maaße voll Wasser als sie fasset, und theile die Länge jedes einzelnen Maaßes entweder auf dem Glase selbst, oder einer aussen angebrachten messingnen Scale in 100 gleiche Theile. Ist das Instrument so zugerichtet, so füllet man beide Röhren mit Wasser, und lässet mit Hülfe des Maaßes zuerst einen Theil = 100 atmosphärische Luft und darauf 1 Theil = 100 Salpetergas in die eingetheilte Röhre treten. Es entstehen rothe Dämpfe und Raumsverminderung, wenn diese vorüber ist, misset man die Menge des zurückgebliebenen Gases, und schliesset daraus auf die Größe der Raumsverminderung, und aus dieser auf die Menge des verschluckten Sauerstoffs. Hier kommt es darauf an, ob sich vollkommene oder unvollkommene Salpetersäure gebildet hat. Im ersten Fall beträget nach Gay Lüssac der Sauerstoff die Hälfte des verschwundnen Salpetergases oder $1/3$ der ganzen Raumsverminderung, im andern $1/4$ derselben. Bilden sich beide Säuren zugleich, so fället das Verhältniß veränderlich aus. Dieß bringt Unsicherheit in die Bestimmungen des Salpeter-Eudiometers. Nach meinen Erfahrungen gilt das erste Verhältniß, wenn man gleiche Theile Salpetergas und atmosphärische Luft in einer einen Zoll weiten Röhren vermischet und nur wenig schüttelt.

Kohlensaures-Gas. Kohlensäure (Luftsäure).

§. 165.

Wir haben die Kohlensäure als Bestandtheil der Atmosphäre kennen gelernet. Sie kann künstlicher Weise aus ihren Bestandtheilen zusammen gesetzt werden, durch Verbrennung des reinen Kohlenstoffs (Diamant's) in Sauer-

stoffgas. Das Verhältniß der Mischung ist 72,89 Sauerstoff gegen 27,11 Kohlenstoff nach Saussüre, womit auch das aus dem specifischen Gewichte der beiden Gasen abgeleitete Verhältniß übereinstimmt. Die gut ausgeglühte Holzkohle enthält immer einen Rückstand von Wasserstoff, daher sie bey dem Verbrennen neben der Kohlensäure zugleich Wasserdämpfe bildet. Ausgeschieden wird die Kohlensäure als Gas, aus allen kohlensauren Mittelsalzen durch die stärkern Mineral- und Pflanzensäuren. Daher das Aufbrausen, wenn man jene Körper mit Säuren behandelt. Gewöhnlich bedienet man sich zur Ausscheidung und Darstellung des kohlensauren Gases der zerstossenen Kreide, oder des fein pulverisirten Marmors und der mit 4 — 5 Theilen Wasser verdünnten Schwefelsäure.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des kohlensauren Gases sind folgende:

Es ist $1\frac{1}{2}$ mahl so schwer als die atmosphärische Luft; es ist leicht mit dem Wasser mischbar, und theilet dem Wasser einen angenehmen erfrischenden sauren Geschmack, so wie überhaupt die Eigenschaft einer schwachen Säure mit. Bey einem mittlern Barometer- und Thermometerstand nimmt das Wasser ein gleiches Volumen kohlensaures Gas auf. Unter einem stärkern Druck und bey einer niedrigern Temperatur dagegen eine der Verdichtung des Gases entsprechende größere Menge. Hierauf gründete man die künstliche Bereitung der Mineralwasser. Beym Sieden und überhaupt in den höhern Temperaturen so wie durch das Gefrieren, entweicht die Kohlensäure wieder als Gas aus dem Wasser.

Das kohlensaure Gas wird sehr schnell von den kaustischen Alkalien eingesogen und macht sie milde. Die Schwererde, und Kalkerde werden zu kohlensauren schwer lös-

lichen Salzen aus ihren wässerigen Auflösungen als ein weißes Pulver niedergeschlagen, welches durch jede andere Säure unter Aufbrausen wieder aufgelöset wird. Das kohlensaure Gas ist mephitischer Art, weder zur Unterhaltung der Verbrennungs- noch Athmungsproceße tauglich.

Faraday hat das kohlensaure Gas zur flüssigen Säure, ohne Zusatz von Wasser, in einer zugeschlossnen gläsernen Röhre bey einer Temperatur von — 18° F verdichtet. Die Flüssigkeit behält ihre tropfbare Form unter einem Druck von 1,36 Atmosphärenpressung. Bey dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre verwandelt sie sich mit Explosion in Gas.

Versuche, welche zur Erläuterung der vorstehenden Eigenschaften dienen.

1) Man entbinde kohlensaures Gas und fange es unter erwärmtem oder mit Kochsalz vermischtem Wasser, in einem etwas hohen Glase mit abgeschliffenem Rande auf, das man leicht mit einer Marmorplatte, oder einem metallnen Deckel verschliessen kann. Nimmt man ein Glas von gleicher Größe, worin sich atmosphärische Luft befindet, setzt darein ein kleines Thier, (Maus, Vogel oder dergl.) oder eine brennende Wachskerze, und stülpt das mit dem kohlensauren Gas angefüllte Glas über dem andern um, so erstickt das Thier, oder die Kerze verlischt, indem das schwere Gas in dem leichtern hinabsinkt. Eine Abänderung dieses Versuchs ist, wenn man eine an einem krummgebognen Drath befestigte brennende Kerze in eine mit kohlensaurem Gas angefülltes ruhig stehendes Gefäß senkt, sobald die Flamme das Gas berühret, erlischt sie von unten herauf; zieht man sie schnell in die Höhe, oder senkt den noch glühenden Docht in ein Gefäß mit Sauerstoffgas, so entzündet er sich wieder. Dieser Versuch kann einigemahl, aber nicht lange, wiederholet werden, weil durch die Hitze der Flamme, und auch ohne dieselbe durch die Wirkung der bey jeder Temperatur strahlenden Wärme, das kohlensaure Gas seiner größern Schwere ungeachtet sich mit der atmosphärischen Luft vermengt. Durch diesen Versuch erläutern sich die mephitischen Wirkungen unterirdischer Höhlen, welche in der Nähe von Vulcanen, oder starken Mineralquellen befindlich, und mit kohlensaurem Gas

erfüllet sind, das nicht schnell genug in die Atmosphäre abfliessen kann. Desgleichen solcher Keller, welche eine Menge gährenden Weines, Biers oder dergl. enthalten.

2) Man fülle einen etwas hohen, an einem Ende zugeschmolzenen Glascylinder, den man bequem mit dem Daumen verschliessen kann, zu $^2/_3$ mit kohlensaurem Gas, und $^1/_3$ seines Raumes mit kaltem Wasser, verschliesse schnell mit dem Daumen, und schüttele. Der Daumen wird, durch die Absorption des Gases vom Wasser, angesauget werden. Oeffnet man unter Wasser, so füllet der Druck der Atmosphäre den Glascylinder fast ganz mit Wasser an. Noch auffallender wird dieser Versuch, wenn man statt des Wassers in den Cylinder etwas Aetzkali, oder Kalk- oder Barytwasser bringt, und übrigens wie vorher verfähret.

3) Bereitung eines künstlichen kohlensauren Mineralwassers. Man bringe die Oeffnung einer doppelt gekrümmten Glasröhre, welche auf einer Entbindungsflasche steckt, aus welcher man eine hinlängliche Menge kohlensauren Gases entwickeln kann, in den Hals einer unter Wasser umgekehrten Flasche, welche man vorher mit reinem möglichst kaltem Quellwasser angefüllet hat. Sind ungefahr $^2/_3$ der Flasche mit Gas angefüllt, so vertauschet man die Flasche mit einer andern, indessen man die erstere bey verschlossener Mündung stark schüttelt, und von Zeit zu Zeit unter Wasser öffnet. Während dieser Arbeit füllet sich die 2te Flasche mit Gas, und mit dieser verfähret man darauf eben so, indem man die erste Flasche wieder an ihre Stelle bringt u. s. w.

Der Parkersche Glasapparat erleichtert diese Arbeit und macht sie sehr reinlich. Es besteht dieser Apparat aus drei über einander gesetzten, und in einander eingeschliffenen Glasgefäßen, wovon das untere zur Entbindungsflasche dienet. Es hat zur Seite noch eine besondere mit einem Glasstöpsel zu verschliessende Oeffnung, wodurch gestossene Kreide und verdünnte Schwefelsäure eingefüllet werden kann. Das zweite größere Gefäß dienet zur Aufnahme des mit Kohlensäure anzuschwängernden Wassers; es steht durch ein Ventil und eine Menge feiner Haarröhrchen mit dem untern Gefäß in Verbindung, durch welche das Gas in feinen zertheilten Strömen zu dem Wasser kommt. Das 3te höchste Gefäß ist zur Auffangung des über dem Wasser sich spannenden Gases bestimmt; es ist oben mit einem Ventil versehen, das sich durch den Druck des Gases öffnet, wenn die Spannung zu groß wird. Das

mit Kohlensäure geschwängerte Wasser kann seitwärts durch einen Krahn abgezapft werden. — Will man künstliches Sauerwasser in großer Menge bereiten, so bedienet man sich am besten starker hölzerner Fäßer die mit Eisen gebunden sind, welche, nachdem sie mit Wasser größtentheils angefüllet werden sind, wohl verschlossen werden. Der untere Theil dieser Gefäße steht durch Röhren mit einer Pumpe in Verbindung, welche das kohlensaure Gas aus einem Gasbehälter, der mit dem Entbindungsgefäße communiciret, schöpft, und in die Wassergefäße presset. Hierin wird die Verbindung des Gases mit dem Wasser durch Umdrehung eines mit Flügeln versehnen Quirls befördert.

Das stark mit Kohlensäure angeschwängerte Wasser schmeckt angenehm sauer, brauset mit Zucker, Wein oder Essig und anderen starkeren Säuren auf. Zugesetztes Kalkwasser trübt dasselbe, die Trübung löset sich aber in dem Uebermaaß von Kohlensäure anfangs wieder auf.

Setzt man dem künstlichen Sauerwasser die übrigen festen Bestandtheile, welche ein natürliches Mineralwasser enthält, in dem gehörigen Verhältniß zu, so wird dadurch das natürliche Mineralwasser nachgebildet.

Daß die Natur, besonders bey warmen Mineralquellen, mehr Kohlensäure mit dem Wasser vereiniget liefert, als die Kunst dieß zu thun im Stande ist, mag wohl nur von dem großen und lang anhaltenden Druck herrühren, unter welchem, tief im Innern der Erde, sich diese Mineralwasser erzeugen.

Brennbare Gasarten. Wasserstoffgas.

§. 166.

Es ist uns schon bekannt, daß das Wasser sich in seine Bestandtheile zerlegen, und seinen entzündlichen Grundstoff fahren lässet, wenn man dessen Dämpfe über roth glühendes Eisen führet. Gewöhnlich erhält man man das Wasserstoffgas, oder die gemeine entzündliche Luft, indem man leicht oxydirbare Metalle, zerstossenen Zink oder Eisenfeile in einer mit 5 — 6 Theilen Wasser verdünnten Schwefel-

säure auflöset, und das entwichene Gas unter Wasser auffängt. Hier bildet sich das entzündliche Gas, durch die Zerlegung des der Säure beygemischten Wassers, begünstiget durch die Anziehung des Metalles gegen den Sauerstoff, und der Säure gegen das entstehende Oxyd. Das so erhaltne Wasserstoffgas ist unrein, und von unangenehmem Geruch. Man erhält es reiner, wenigstens von den sauren Gasarten befreiet, wenn man es über Kalkwasser auffängt, oder damit schüttelt. Der unangenehme Geruch kann ihm nach Döbereiner benommen werden, wenn man es 24 Stunden lang über wohlgebrannter angefeuchteter Holzkohle stehen lässet. Die ausgezeichneten Eigenschaften des reinen Wasserstoffgases sind kürzlich folgende.

Es ist (im reinsten Zustande) geruchlos, klar und durchsichtig, wie die atmosphärische Luft, besitzt ein $6\frac{1}{2}$ mahl so starkes Brechungsvermögen als diese, und ein specifisches Gewicht von 0,0732 wenn man das der atmosphärischen Luft = 1 setzt. Es ist also 13,6 mahl so leicht als die atmosphärische Luft, und überhaupt (einige bey niederen Temperaturen sich bildende Dämpfen abgerechnet) der leichteste wägbare Körper, welchen wir kennen.

Das Wasserstoffgas ist durch glühende Körper, so wie durch den elektrischen Funken leicht entzündlich, und brennt, beym Zutritt der Luft mit einer schwachleuchtenden, am Tage kaum sichtbaren Flamme ohne Rauch und Ruß. Es selbst aber ist mephitischer Art und kann die Verbrennung anderer Körper nicht unterhalten. Mit atmosphärischer Luft in dem Verhältnisse von 2 : 1, oder mit Sauerstoffgas in dem umgekehrten Verhältnisse von 1 : 2, gemischt, lässet es sich mit einem heftigen Knall entzünden, daher ein solches Gemenge Knall-Luft genannt wird. Bey der Verbrennung der Knall-Luft entsteht durch das Zusammentretten

ihrer Bestandtheile Wasser, das durch die Hitze als Dampf expandiret wird, der sich darauf schnell wieder verdichtet.

Versuche zur Erläuterung der angeführten Eigenschaften des Wasserstoffgases.

Man fülle ein 8 — 10 Zoll hohes Glasgefäß mit diesem Gas an, halte es verkehrt, die Oeffnung nach unten, mit der Hand verschlossen, und bringe dann schnell von unten herauf eine brennende Kerze in das Gas. Dieß entzündet sich an der Oeffnung, im Innern aber verlischt die Kerze. Kehret man die, wie vorher gefüllte, Flasche mit der Mündung nach oben, so entzündet sich das Gas mit einer kleinen Explosion, weil sich die atmosphärische Luft, wegen ihrer größern Schwere schnell mit dem Gas mischet. Man fülle eine mit einem Hahnen versehne Schweinsblase mit Wasserstoffgas, bringe an die Oeffnung des Hahn's einen Strohhalm, der vornen etwas gespalten ist, so lassen sich auf die bekannte Weise Seifenblasen mit diesem Gas füllen, die wegen ihrer größern Leichtigkeit in der Luft ansteigen (Luftballons im Kleinen). Fähret man mit einem Licht den Seifenblasen nach, so lassen sie sich entzünden. Hat man die Schweinsblase mit Knall-Luft gefüllt, so entzünden sich die Seifenblasen mit Explosion. Einen sehr starken Knall kann man auf folgende Art hervorbringen. Man fülle eine Rinderblase mit Knallgas, in deren Oeffnung man einen hölzernen Propf geleimt hat, durch welchen ausser der Füllröhre zwei Messingdräthe gehen, die mit Siegellack in den Propfen eingeküttet sind, und inwendig in der Blase 1 Linie weit von einander abstehen. An den äusseren Enden der Messingdrathe werden Silberfäden angeknüpfet, von gehöriger Länge. Man hängt die Blase an den Decken des Zimmers, oder größerer Sicherheit halber ausser demselben auf, führet den einen Silberdrath zur äussern Belegung einer geladnen elektrischen Flasche, so wie man mit dem andern Silberdrath den Knopf der Flasche berühret, schläget der elektrische Funke im Innern der Blase von einem Messingdrath zum andern, und das entzündete Gas zerschmettert die Blase mit einem heftigen Knall, und im Dunkeln mit einem glänzenden Feuerschein.

Nimmt man statt der Blase eine unten verschlossene metallene Röhre oder Kugel, deren Oeffnung oben mit einem Kork verpropft werden kann, bringt man in der Gegend, wo sich bey den Feuergewehren das Zündloch befindet, eine Oeff-

nung an, in welche ein in eine Glasröhre eingeschlossener Messingdrath eingekittet werden kann, so daß dessen unteres Ende etwa eine Linie von der innern Wand der Röhre absteht; so erhält man die Knallgaspistole, auch elektrische Pistole genannt. Füllet man die Pistole mit trocknem feinem Sand, und stürzt ihre Oeffnung über einer mit Knallgas gefüllten Flasche um, so tritt das Gas statt des herabfallenden Sandes in die Pistole, welche darauf schnell zugepropft wird. Lässet man einen elektrischen Funken auf das obere Ende des Zünddrathes schlagen, so entzündet sich das Gas in der Pistole und treibt den Propfen mit einem heftigen Knall aus der Mündung heraus.

Die chemische Harmonika.

Man nehme eine kleine etwas starke Entbindungsflasche, fülle sie zum dritten oder vierten Theile mit Eisenfeile und verdünnter Schwefelsäure an, verstopfe die Oeffnung der Flasche schnell mit einem guten Propfen, durch welche man eine 6 — 8 Zoll lange Glasröhre gesteckt hat, deren innere Oeffnung nicht über 1/4 Linie weit ist. Nachdem die Gasentbindung die in der Flasche anfangs befindliche atmosphärische Luft ausgetrieben hat, zünde man den Gasstrom an der Spitze der Röhre an, und halte über die Flamme, welche nur schwach brennen darf, wenn der Versuch gelingen soll, einen schmahlen etwas hohen Glascylinder, der oben verschlossen ist. Die Flamme des Wasserstoff's verzehret den Sauerstoff im obern Raume des Cylinders, wodurch eine Luftverdünnung und Schwingung erfolgen, die sich den Wänden des Glascylinders mittheilen und einen Harmonica ähnlichen Ton erzeugen. Faraday leitet die Entstehung des Ton's von einer Reihe auf einander folgenden Verpuffungen ab.

Volta's Eudiometer.

§. 167.

Da sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff immer in dem beständigen Verhältniß von 2 : 1 zu Wasser verbindet, so nahm hiervon Volta Gelegenheit, die Explosion des Wasserstoffgases mit Sauerstoffhaltigen Gasen als ein eudiometrisches Mittel zu gebrauchen, um die Menge des Sauerstoffs zu bestimmen. Hierzu dienet folgende Einrichtung Fig. 106. Man wähle eine etwas starke Glasröhre a b c d von wenigstens 1/2 Zoll

Weite, schliesse sie oben mit einer metallenen Haube cd fest und luftdicht; in diese metallene Haube werden zwei, innen ½ Linie von einander abstehende Dräthe x, y durch einen isolirenden Kütt befestiget. (Man kann auch die Glasröhre oben zuschmelzen, und gegen einander über zwei Oeffnungen einbohren, worin man die Dräthe einküttet.) Unten bey ab erhält die Röhre ebenfalls eine metallene Fassung, an welche sich ein abgekürzter Kegel ab ef schraubt, der unten bey ef mit einer Blase zugebunden ist.

Ueberdieß muß man noch eine kurze unten eben abgeschliffne Röhre gh haben, die als Maaß zum Einfüllen der Gasarten in die größere Röhre dienet. Der Gebrauch ist folgender. Man fülle beide Röhren und den abgekürzten Kegel mit Wasser, bringe vermittelst des Maaßes eine bestimmte Menge von Wasserstoff und des zu prüfenden Gases in die Röhre abcd, schraube dann unter Wasser den abgekürzten Kegel luftdicht an ab, lasse darauf durch xy einen elektrischen Funken schlagen. Nach erfolgter Explosion schraube man den abgekürzten Kegel unter Wasser wieder ab, es tritt statt des verschwundnen Gases Wasser in die Röhre. Von der Größe der Absorption rechnet man ⅓ für den Sauerstoff. Es ist der Bequemlichkeit wegen gut, wenn an der Explosionsröhre selbst eine in Hunderttheile des Maaßes getheilte Scale angebracht ist, sonst muß man den Rückstand an Gas in eine graduirte Röhre übertretten lassen. Der mit der Blase verschlossene hohle Kegel verhindert das Zerspringen des Glases, weil die Blase vermöge ihrer Elasticität der explodirenden Kraft nachgiebt.

Wenn sehr kleine Gasmengen auszumessen sind, so kann dieß in einer getheilten Röhre schwer mit der gehörigen Schärfe geschehen. Man thut dann besser die Gasmengen (falls sie sich nicht mit dem Wasser mischen) unter Wasser abzuwägen, um daraus auf den Raum zu schliessen. Dieß kann mit großer

Schärfe und vieler Bequemlichkeit durch folgendes Werkzeug erhalten werden, dem ich deswegen den Namen eines Mikrogasometers beylege. Fig. 107.

Man wählt eine Glasröhre a b, welche einen ganzen halben oder viertels Cubikzoll Raum fasset, schmelzt sie oben zu, und küttet an das zugeschmolzene Ende eine leichte hohle Kugel von Messingblech c an, welche den doppelten Raum der Röhre fasset. Die Kugel träget vermittelst eines dünnen metallnen Stielchens eine leichte Schaale zur Aufnahme von Gewichten bestimmt; in der Mitte des Stielchens befindet sich ein Zeichen e, bis zu welchem sich das Werkzeug unter Wasser eintauchen soll. Um den untern Theil des Glases legt man einen Bleyring b, dessen Gewicht man so abgleicht, daß sich das Instrument, wenn die Glasröhre mit Wasser gefüllt ist, in Wasser von bestimmter Temperatur bis an den Strich e einsenkt. Lässet man etwas Gas in den Cylinder a b tretten, so wird der Gasmesser von dem Wasser mit einer Kraft gehoben, die dem Gewicht des aus der Stelle getriebenen Wassers, weniger dem Gewicht des Gases, gleich kommt, und da dieses Gewicht selten über $^1/_{1000}$ von jenem beträget, so wird man es in den meisten Fällen vernachlässigen dürfen. Legt man auf die Schaale so viel Gewicht, um den Gasmesser bis e einzusenken, so giebt das (nöthigen Falls um das Gewicht des Gases vermehrte) Zulegegewicht die Menge des in den Cylinder gebrachten Gases an. Um diese Menge sogleich in Raumstheilen, ohne Rechnung, zu erhalten, wähle man solche Gewichtseinheiten, welche für die angenommne Normaltemperatur (etwa + 15° Reaum oder Cent.) dem Gewichte von $^1/_{1000}$ Cubikzoll Wasser entsprechen. Die Empfindlichkeit des Instruments hängt von der Dünne des Hälschens gegen den Raum des Ganzen ab, und kann bis auf Zehntausendtheile eines Cubikzolles gebracht werden. Es ist aber bey den Messungen der Gase durch Abwiegen genau auf die Temperatur des Wassers zu achten, weil diese nicht nur das Gewicht des Wassers, sondern auch den Raum des eingeschlossenen Gases verändert.

Döbereiners Eudiometer.

§. 168.

Döbereiners merkwürdige Entdeckung von der Kraft, welche die fein zertheilte Platina auf die Verdichtung des

Knallgases, auch bey niedrigen, selbst unter die Frierkälte gehenden Temperaturen, ausübt, leitete ihn auf die Idee, diesen Körper als Eudiometer zu gebrauchen. Man schlage die Auflösung der Platina in Königswasser durch Salmiak nieder, glühe den Niederschlag in einem Platinatiegel, bis aller Salmiak wieder verflüchtiget ist. Den so erhaltnen lockern Körper (Platinaschwamm) knete man mit etwas feuchtem Thon zu einem Teich, und bilde daraus Kügelchen von der Größe einer Erbse, die man zuerst in einer mäßigen Hitze, dann über einer Weingeistlampe trocknet. Befestiget man ein solches Kügelchen an einen feinen biegsamen Platinadrath, und bringt es in ein Wasser- und Sauerstoffhaltiges Gasgemenge, das man über trocknem Quecksilber gesperret hat, so sieht man die innere Wand des Sperrgefäßes, so wie den Spiegel des Quecksilbers bald mit Dunst beschlagen, und das Quecksilber steigt in die Höhe. Die Größe der Raumsverminderung, durch 3 getheilet, giebt die Menge des verschluckten Sauerstoffes an. Spätere Beobachtungen von Dülong und Thenard haben gezeigt, daß diese Gas verdichtende Kraft auch den feinen Platinablechen und Dräthen, ja selbst andern Metallen und mehreren unmetallischen Körpern von lockerer Gestalt, jedoch nur bey höhern Temperaturen zukommt.

Der Platinaschwamm bleibt der wirksamste Körper, doch verlieret auch er diese Eigenschaft, wenn er eine Zeitlang der Luft ausgesetzt gewesen ist. Man kann sie ihm wieder ertheilen durch Glühen in einer Weingeistlampe, oder noch besser, durch vorgängiges Eintauchen in Salpetersäure und Ausglühen.

Nach Ed. Turner's Beobachtungen (mitgetheilet in Döbereiners phys. Chemie 2. H.) besitzt ein aus 4 Theilen Platina und ein Theil Thon bestehendes Kügelchen einen so stark

wirkende verdichtende Kraft gegen die explodirenden Sauer- und Wasserstoffgemengen, daß dieselbe sich noch äussert, wenn dieses Gas mit 99 Theilen atmosphärischer Luft verdünnet ist. Dagegen der elektrische Funke schon keine Explosion mehr hervorbringt, wenn das Knallgas mit dem 12fachen atmosphärischer Luft vermengt ist. Da nun überdieß der Platinaschwamm nicht, wie der elektrische Funke, auf die Gemengen von Sauer- und Stickstoff verdichtend wirkt, so scheint er sich vorzüglich zu genauen eudiometrischen Versuchen zu eignen.

Woher rühret die merkwürdige Kraft, welche die fein zertheilte Platina auf die Verdichtung des Knallgases ausübt? Hierüber hat man vielerlei Hypothesen aufgestellt, aber bis jetzt die Richtigkeit von keiner bestimmt nachgewiesen. Uns scheinet die folgende Erklärungsart am wahrscheinlichsten. Die Platina nimmt in der Reihe der negativ elektrischen Körper eine der ersten Stellen ein, desgleichen der Wasserstoff in der Reihe der positivelektrischen; durch dieses Verhalten ist schon eine starke Wechselanziehung beider Stoffe bedingt. Der negativ elektrische Zustand der Platina scheint durch das Behandeln mit Säure und nachgängiges Glühen bis zu einem gewissen Grad erhöht zu werden (daß man keine Elektricität an dem Elektrometer nachweisen kann, darf uns nicht befremden, da wir aus Becquerel's unten anzuführenden Versuchen ersehen werden, daß die bey chemischen Anziehungen wirksame Elektricität von äusserst geringer Spannung ist). Wird nun die elektrische Anziehung zugleich mit der physischen Adhäsionskraft durch die lockere und poröse viele Oberfläche und Spitzen darbietende Form des Körpers, wie bey dem Platinaschwamm der Fall ist, erhöhet; so wird dadurch begreiflich, wie durch die anfangende Verdichtung der Gase und die dadurch frei werdende Wärme die chemische Wechselwirkung der Gase so erhöht werden könne, daß sie sich zu Wasser vereinigen und ihre latente Wärme frei lassen. Ist es ja durch ältere Erfahrungen bekannt, daß das Knallgas durch eine starke Compression entzündet werden kann!

Der Platinaschwamm verlieret nach und nach seine Wirksamkeit an der Luft, weil er seine freie Elektricität verlieret, die ihm durch das Glühen und ähnliche Behandlungen wieder gegeben werden muß.

Das Wasserstoffgas-Feuerzeug und elektrische Zündlicht.

§. 169.

Die leichte Entzündlichkeit des Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken brachte Ingenhauß und andere Naturforscher auf den Gedanken, eine Lampe zu construiren, welche sich durch den elektrischen Funken entzünden lässet.

Die wesentlichsten Theile stellt die Fig. 108 dar. AB sind zwei Gefäße von Glas, mit metallenen Fassungen versehen, wodurch sie sich luftdicht auf einander schrauben lassen. Von dem obern Gefäß geht eine Verbindungsröhre bis beynahe auf den Boden des untern Gefäßes. Bringet man in das untere Gefäß verdünnte Schwefelsäure mit Zink- und etwas Kupferfeile gemischt (letztere um durch die elektrische Erregung den Auflösungsproceß zu befördern), so entbindet sich Wasserstoffgas, das den obern Raum des Gefäßes A füllet, und dagegen eben so viel Flüssigkeit in das obere Gefäß B hinauftreibt, die nun ihrer Seits auf das Gas zurückpresset, und es in einer gewissen Spannung erhält. Oeffnet man daher den Hahn h, so strömt das Gas zur feinen Oeffnung desselben hinaus. Der Hahn ist mit einem Rollenknopf versehen, welcher bey der Umdrehung vermittelst einer seidnen Schnur den Deckel a eines geladnen Elektrophors hebt und dadurch einen Funken durch den Metalldrath ik nach l schlagen macht, welcher den aus der Spitze des Hahns fahrenden Gasstrom entzündet, an welchem selbst wieder sich die Wachskerze m entflammt. Manche bedienen sich statt des geriebenen Elektrophors einer kleinen Elektrisirmaschine, welche durch die Wendung des Hahns gedreht wird. Man mag sich der einen oder andern Vorrichtung bedienen, so lehrt die Erfahrung, daß

die Maschine bey feuchter Witterung gerne versagt. Daher verdienet wohl Döbereiners Vorschlag, den Platinaschwamm statt der Elektricität als Zünder zu brauchen, den Vorzug. Dann bleibt der Theil akl weg und man stellt etwas Platinaschwamm, den man auf einem Geflechte von feinem Platinadrath befestiget hat, dem aus dem Hahn fahrenden Gasstrom in einer Entfernung von 3 — 4 Linien gegen über. Indem sich der mit dem Sauerstoff der Atmosphäre vermischte Wasserstoff verdichtet, erhitzt er den Platinaschwamm bald bis zum Glühen, an welchem sich seinerseits der Gasstrom entzündet. Indessen ist schon oben bemerkt worden, daß die Eigenschaft des Platinaschwamms den Wasserstoff zu verdichten, durch Eintauchen in Salpetersäure und Ausglühen erneuert werden muß.

Ein höchst einfaches Platina-Gas-Feuerzeug findet sich in Döbereiners phys. Chem. 2. Heft beschrieben. Man nimmt eine einen Zoll weite Glasröhre, biegt sie heberförmig so um, daß der längere Schenkel ba (Fig. 109) 8 — 10 Zoll, der kürzere bc halb so viel betrage. Auf den kürzern Schenkel küttet man einen Hahn d auf, der sich von seiner Fassung c losschrauben lässet; er träget ein feines Haarröhrchen e. Ein sich federnder Spannring g, welcher über das längere Ende der Röhre bey a gehoben wird, trägt den Platinaschwamm f. Schraubt man den Hahn d los, bringt durch die Oeffnung ein Zinkstängelchen z in den kürzern Schenkel, gießt darüber Salzsäure und schraubt den Hahnen wieder auf, so entbindet sich Wasserstoffgas, welches die Flüssigkeit in den längern Schenkel in die Höhe treibt, bis sie in dem kürzern Schenkel unter den Zink herabgesunken ist, wo denn die Gasentbindung nachlässet. Durch das Ansteigen der Flüssigkeit in dem längern Schenkel wird das Gas gespannt, und bey Oeffnung des Hahns erfolgt dann die schon beschriebene Wirkung auf dem Platinaschwamm. Man kann auch nach Döbereiner das obere Ende der Röhre bey a verschliessen, da sich denn die atmosphärische Luft über der Flüssigkeit in dem längern Schenkel zusammenpresset, und eine um so stärkere Spannung in dem entzündlichen Gas des kürzern Schenkels erzeugt, welches so

nach bey geöffnetem Hahn mit desto größerer Geschwindigkeit ausströmt. Bey dieser Einrichtung ist jedoch die Vorsicht zu empfehlen, der eingeschlossenen Luft in dem längern Schenkel den gehörigen Raum zu geben, damit sie nicht durch eine allzustarke Verdichtung die Glasröhre zersprenge.

Zusammengesetzte entzündliche Gasarten aus Kohlen- und Wasserstoff.

§. 170.

1) Das Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft) bildet sich von selbst in stehenden Gewässern durch die Fäulniß vegetabilischer Stoffe. Man erhält es künstlich durch die trockne Destillation der Steinkohlen, der Braunkohlen, des Holzes und anderer organischer Stoffe bey starker Glühehitze aus eisernen Retorten. Es kommt häufig mit schweflichtsaurem Gas, kohlensaurem Gas, Kohlenoxydgas, und bey der Destillation des Holzes mit empireumatischem Oehl und dem sogenannten Holzessig vermengt vor. Von den sauren Dämpfen und Gasen lässet es sich durch Abkühlung, Waschen mit Wasser und Kalkwasser trennen. Das Kohlenwasserstoffgas ist von unangenehmem Geruch, schwerer als das Wasserstoffgas und leichter als atmosphärische Luft von 0,57072 spec. Gewicht. Mit 2 Theilen Sauerstoffgas entzündet, liefert es eben so viel kohlensaures Gas als man Sauerstoff zugesetzt hat. Es besteht aus 73,7 Gewichtstheilen Kohlenstoff und 26,3 Wasserstoff, oder aus 100 Theilen Wasserstoff gegen 280 Theile Kohlenstoff.

2) Kohlenwasserstoff mit Ueberschuß an Kohlenstoff, Oehlbildendes Gas. Dieses Gas erhält man am reinsten, wenn man 4 Theile Schwefelsäure mit 1 Theil

Weingeist in gläsernen Retorten mäßig erwärmt, desgleichen aus der Zersetzung der fetten Oehle in glühenden eisernen Röhren. Wenn man dieses Gas mit Chlorine (oxydirtem Salzsauren Gas) zusammen bringt, so verschwinden beide Gasarten und es bildet sich ein eigenthümliches Oehl, wovon das Gas den Namen erhalten hat. Mit dem dreifachen Volumen Sauerstoff verbrannt, liefert es das doppelte Volumen kohlensaures Gas. Es enthält gegen 84,85 Kohlenstoff, 15,15 Wasserstoff, oder auf 100 Theile Wasserstoff 560 Theile Kohlenstoff, also doppelt so viel als das vorhin beschriebene Gas. Das specifische Gewicht des Oehlbildenden Gases beträget nach Saussüre 0,9852 und ist demnach beynahe so schwer als die atmosphärische Luft.

Beide Kohlenwasserstoffgase machen den vorzüglichsten Bestandtheil der Flamme derjenigen brennbaren Körper aus, welche Kohlen- und Wasserstoff zugleich enthalten, wohin ausser der gemeinen Holzkohle die Stein- und Braunkohle, und alle vegetabilische und thierische Fette und Oehle gehören. Diese Körper lassen in der Glühehitze jene Gase entweichen, welche dann bey einem hinlänglichen Zutritt von Sauerstoff verbrennen und sich in Wasser und Kohlensäure verwandeln.

Da die schwerere Steinkohlenarten, wegen ihres allzureichlichen Gehaltes an brennbaren Grundstoffen, zu manchen metallurgischen Processen nicht tauglich befunden worden sind, sondern erst einer trocknen Destillation unterworfen werden müssen, wobey jene brennbare Gasarten größtentheils entweichen, indessen die derben Steinkohlen sich in eine lockere Kohle (coaks) verwandeln: so hat dieses Gelegenheit zu der Gewinnung des sogenannten Kohlengases im Großen, und zur künstlichen Beleuchtung mittelst dieses Gases gegeben, wovon der folgende Paragraph die wesentlichste Einrichtung beschreibt.

Technische Anwendung des Kohlengases zur künstlichen Beleuchtung.

§. 171.

Die ganze Vorrichtung hierzu besteht aus drei Haupttheilen, dem Entbindungsapparat, dem Reinigungsapparat, und dem Aufbewahrungs- und Fortleitungsapparat.

1) Der Gasentbindungsapparat. Fig. 110 I.

Ein aus feuerfesten Materialien erbauter stark ziehender Windofen A, der mit einem Rost, Aschenheerd, und hinlänglich hohen Schornstein zur Beförderung des Luftzugs versehen ist. In diesen Ofen werden die eisernen Retorten B eingesetzt, welche die Kohlen oder das Material enthalten, aus welchen das Gas gewonnen werden soll. Die Retorten müssen eine mehr dünne und lange, als dicke Gestalt haben, damit ihr innerer Raum gleichförmig von der Glühehitze des Ofens durchdrungen werde. Der obere (oder bey horizontaler Lage der Retorten der vordere) Theil muß mit einem leicht abzunehmenden eisernen Deckel luftdicht verschlossen seyn. Von dem Deckel, oder besser vornen an der Seite der Retorte, erhebt sich die gekrümmte Gasleitungsröhre a a a, welche das sich entbindende Gas zu dem zweiten Hauptheil, dem Reinigungsapparat führet. Fig. 110 II.

Dieser besteht aus einem in drei Kammern abgetheilten luftdichten Kasten. (Bey größeren Anlagen werden diese drei Behälter besser von einander gesondert.) Das erste Behälter 1 ist mit kaltem Wasser gefüllt; zu demselben führet die Gasleitungsröhre a a a, das Gas steigt in dem Raum (1) in die Höhe, treibt dafür Wasser in die weitere Röhre D hinauf, wodurch das Gas in einer gewissen Spannung erhalten wird, die das Verdichten der mit übergegangenen

Dämpfen in dem kalten Wasser befördert. Was hier nicht verdichtet wird, geht durch die Röhre x x zum Behälter (2). Hier sammelt sich das Theerwasser, und das davon befreiete Gas steigt durch die Röhre yyz in den Behälter (3), der mit einer Mischung von ungelöschtem Kalk und Wasser (Kalkmilch) angefüllet ist. Von dieser Mischung wird das kohlensaure, schwefelsaure und Schwefelwasserstoff-Gas absorbiret. Das gehörig gereinigte entzündliche Gas steigt nun durch die Röhre b b b und das Wasserventil F in die Röhre c c c c c und gelangt endlich in den Gasbehälter oder Condensator Fig. 110 III.

Dieser besteht erstens aus einem hinlänglich großen Wasserkasten von Holz, Stein oder Eisen. In diesem bewegt sich ein zweiter etwas engerer, oben geschlossener, unten offener Kasten von Blech E E auf und nieder. Dieser Kasten ist durch Ketten und Gegengewichte P P an Rollen beweglich so aufgehängt, daß er mit einer gewissen Kraft in dem Wasser nieder zu sinken strebt, die dem Druck entsprechen muß, mit welchem das Gas aus dem Condensator durch die Leitröhre zu den Lampen getrieben werden soll. Damit diese Kraft stets gleich bleibe, so muß jeder Fuß der Ketten K K so viel Gewicht haben, als ein Fuß Röhrenwand rund um den Behälter E E dividiret durch das specifische Gewicht der Materie. Dadurch wird der Verlust der Röhrenwand im Wasser mittelst des Gewichts der Ketten compensiret.

Man denke sich den Condensator E E anfänglich ganz in dem Behälter G G eingesenkt. Strömt nun das Gas durch die Röhre c in den obern Raum des Condensators E E, so erhebt sich derselbe immer mehr aus dem Wasser des Behälters G G, demungeachtet behält das Gas in demselben eine gleiche Spannung, mit welcher es durch die Röhre

d d d d zu entweichen strebt. Oeffnet man so nach den Hahn e, so lassen sich die Gasströme der Lampe f entzünden. Die Röhre d kann nach Belieben soweit fortgeführet werden als man will, auch unter mehrere einzelne Lampen vertheilt werden. Jede Lampe erhält dann ihren besondern Hahn, wodurch sie für sich abgeschlossen werden kann.

Diejenige meiner Leser, welche sich genauer von den mancherlei Verbesserungen, die man nach und nach an den Gasbeleuchtungsanstalten angebracht hat, unterrichtet wollen, verweise ich auf folgende Schriften.

Praktische Abhandlung über die Gasbeleuchtung von Friedrich Accum, aus dem Engl. übersetzt von Lampadius. Vollständiges Handbuch der Gasbeleuchtungskunst von v. Tabor. Ffth. 1822.

Knallgasgebläse.

§. 172.

Die Anwendung des Knallgases zur Hervorbringung einer sehr intensiven Hitze vermittelst des Knallgasgebläses verdankt man dem englischen Künstler Newmann. Wenn man stark verdichtetes Knallgas durch eine nicht zu kurze Röhre mit einer großen Geschwindigkeit ausströmen lässet, so kann man das Gas an der Oeffnung der Röhre anzünden, ohne zu besorgen, daß es durch die enge Röhre zurück in das Gefäß brenne, denn die enge Röhre wird durch den schnellen Gasstrom und die vielen Berührungspuncte, welche die Wand der Luft darbietet, verhindert, sich so stark zu erhitzen, daß sich das in ihr befindliche Gas entzünden könnte. Zu mehrerer Sicherheit setzt man hinter die Blaseröhre und vor den Raum, worin sich das verdichtete Gas befindet, ein feines Drathsieb, welches nach Davy's Entdeckung die Flamme des Gases zurück hält. Die Figur 111

erläutert diese Einrichtung. A ist der Raum innerhalb eines starken kupfernen Gefäßes, worin das Knallgas vermittelst der Druck- und Saugpumpe C, die es seitwärts aus einer Blase oder andern Behältern schöpft, verdichtet wird. Von hier aus geht das Gas durch das Ventil d, welches der Sicherheit wegen noch mit Wasser bedeckt wird, in den kleinern besonders stark verwahrten Raum B. Von da gelangt es durch das Sieb f zu dem Hahn D, welcher geöffnet es durch die feine Röhre E ausströmen läßet. Wird der Gasstrom entzündet, und man hält die Körper, welche man der Wirkung des glühenden Gasstrom's aussetzen will, genau in den Brennpunct der wenige Linien langen Flamme: so ist die Hitze hier so groß, daß die schwerflüssigsten Metalle und Erden derselben nicht widerstehen. Die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung versparen wir für den folgenden Abschnitt.

Um alle Gefahr einer furchtbaren Explosion zu vermeiden, hat man vorgeschlagen, zwei Condensationskasten zu gebrauchen, in deren einem das Sauerstoffgas, in dem andern das Wasserstoffgas allein verdichtet wird. Beide Gasarten treten zuerst in der gemeinschaftlichen Blaseröhre zusammen.

Ich bediene mich in meinen Vorlesungen seit mehreren Jahren einer ähnlichen Vorrichtung, worin aber die beiden Gasarten durch einen hydrostatischen Druck verdichtet werden. Gewähret dieser nicht die starke Pressung einer Druckpumpe, so bietet er dagegen den Vortheil einer gleichförmigen und leicht meßbaren Spannung in beiden Gasarten, während der ganzen Dauer des Versuchs dar. Die Einrichtung erläutert Fig. 112 I. und II. A, B, sind zwei Cylinder von starkem Blech mit gewölbten Böden, von gleicher Capacität, 1 Fuß weit und hoch. Der Cylinder B ist oben offen, und dienet zur Aufnahme des Wassers, welches das Gas in dem untern Cylinder durch die Röhre CC′ zusammenpressen soll. Das Gefäß A ist verschlossen. Bey E befindet sich die mit einem Hahn versehne Blaseröhre, bey F eine mit einer Schraube verschlossene Oeffnung, die theils zur Füllung des untern Gefäßes mit Gas, theils zur

Ausleerung desselben dienet. Will man das Gefäß A mit Gas füllen, so füllet man zuerst das Gefäß B mit Wasser, und öffnet den Hahn E, damit das Wasser aus B nach A herabfliesse, darauf schliesset man den Hahn E und die obere Oeffnung der Röhre C durch einen Propfen und giesset zur Vorsicht noch etwas Wasser darüber. Setzet man nun den ganzen Apparat auf eine pneumatische Wanne, und öffnet die Schraube F unter Wasser, so lässet sich nun das Gefäß A auf die gewöhnliche Weise mit Gas füllen. Ist dieß geschehen, so schliesset man F, gießet den Cylinder B voll Wasser und öffnet C. Das Wasser presset das Gas in dem untern Gefäß mit einer Kraft zusammen, die der Höhe des Wasserspiegels in dem obern Gefäße über der Höhe des Wasserspiegels in dem untern Gefäße entspricht. Ist nun die Höhe Hh einmahl für allemahl bekannt, so darf man nur die doppelte Senkung des Wasserspiegels in dem obern Gefäße von der Höhe Hh abziehen, um die Druckhöhe zu finden. Zur Messung jener Senkung des Wasserspiegels dienet die mit einem Maaßstaabe versehene Glasröhre mn, welche mit dem Cylinder B in Verbindung steht.

Fig. II. zeigt die Verbindung zweier solcher Gasbehälter zu einem Knallgasgebläse im Grundriß. Man denke sich A′ mit Sauerstoffgas A″ mit Wasserstoffgas gefüllet. Von beiden Gefäßen führen die Röhre b′, b″ zur etwas weitern Röhre c′ von Metall, in deren vordern Mündung das gläserne Haarröhrchen e vermittelst eines Korkstöpsels befestiget ist. Erhält man nun die zwei Gasarten in den Gefäßen A′ A″ in gleicher Spanung, so hängt es von den Querschnitten b′, b″ ab, in welchem Verhältniß sie ausströmen sollen. Soll dieß Verhältniß von Wasserstoff zum Sauerstoffgas = 2 : 1 seyn, und man nennt die Dichte des Sauerstoffgases = Δ; den Durchmesser der zugehörigen Röhre = D′, den Durchmesser der Röhre und die Dichte des Wasserstoffgases D″, δ: so erhält man nach den Gesetzen über die Geschwindigkeit des Ausströmens elastischer Flüssigkeiten

$$D' : D'' = \sqrt[4]{(\Delta)} : \sqrt[4]{(4\,\delta)}.$$

Das heißt der Durchmesser der Röhre für das Sauerstoffgas muß sich zum Durchmesser der Röhre für das Wasserstoffgas wie die Wurzel der 4ten Potenz aus der Dichte des

Sauerstoffgases zur Wurzel der 4ten Potenz aus der vierfachen Dichte des Wasserstoffgases verhalten. Schreibt man für Δ und δ die Zahlwerthe 15 und 1, so erhält man für das Verhältniß jener Durchmesser 1,392 : 1.

Schwefelwasserstoffgas.

§. 173.

Unter die zusammengesetzen brennbaren Gasarten gehöret auch das Schwefelwasserstoffgas (Schwefelleber Luft, hepatische Luft), welches uns die Natur als einen Bestandtheil der schwefelhaltigen Mineralquellen darbietet. Auf künstliche Weise erhält man dieß Gas, wenn man eine auf trocknem Wege bereitete Schwefelleber (Schwefelalkali) oder Schwefelmetall, besonders das Schwefeleisen mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure in dem gewöhnlichen Gasentbindungsapparat übergießet, und das Gas unter warmem Wasser, in welchem man etwas Kochsalz aufgelöset hat, auffängt. Die Bildung des Schwefelwasserstoffgases bey diesem Proceß erkläret man auf folgende Weise: das Wasser der verdünnten Säure wird durch die doppelte Anziehung 1) des Schwefels gegen den Wasserstoff, 2) des Alkalis oder Metalls gegen den Sauerstoff in seine Bestandtheile zerlegt, ein Antheil Wasserstoff verbindet sich mit dem Schwefel und entweicht als Gas, indessen das oxydirte Metall oder Alkali sich mit der Säure verbindet. Die Säure selbst trägt zur Bildung des Schwefelwasserstoffgases nichts, wohl aber zur vollständigen Ausscheidung desselben viel bey.

Die vorzüglichsten Eigenschaften dieses Gases sind: Es hat einen unangenehmen Geruch gleich faulen Eyern,

ist mephitischer Art, sehr entzündlich, brennt mit einer blauen Flamme und Geruch nach schweflicher Säure; mit atmosphärischer Luft, oder Sauerstoffgas in dem gehörigen Verhältniß gemischt, lässet es sich mit Explosion entzünden. Durch die concentrirte Salpetersäure wird das Schwefelwasserstoffgas zerlegt. Seine Bestandtheile sind 93,756 Schwefel- und 6,244 Wasserstoff. Dieses Gas ist mit dem Wasser sehr mischbar und theilt ihm seinen eigenthümlichen Geruch und einen eckelhaften Geschmack mit. Enthält das Wasser wie gewöhnlich atmosphärische Luft, also Sauerstoff, so nimmt es dabey eine milchichte Farbe an. Das hepatische Wasser besitzt, so wie das Gas, die Eigenschaft, die Metalle aus ihren sauern Auflösungen mit einer dunkeln Farbe nieder zu schlagen, daher es dem Chemiker als ein Reagens gegen metallische Auflösungen dienet, so wie diese gegen den Schwefelwasserstoff. Das Schwefelwasserstoffgas vereiniget sich mit den Alkalien und Salzbasen und bildet damit eigenthümliche Salze, auch röthet es die Lackmußtinctur. Daher führen es die Chemiker als eine Säure unter dem Namen Hydrothionsäure, Schwefelwasserstoffsäure, auf.

Das Schwefelwasserstoffgas erzeugt sich in großer Menge bey der Zersetzung der thierischen Körper durch die Fäulniß; auch ist es zuweilen ein Produkt der vulkanischen Eruptionen. Das Schwefelwasserstoffgas gehöret zu denjenigen Gasen, welche Faraday durch einen starken Druck verdichtet hat. Bey einer Temperatur von + 10° ist hierzu der 17fache Druck der Atmosphäre erforderlich. Der so verdichtete Schwefelwasserstoff bildet eine klare, höchst dünnflüssige, das Licht stark brechende Flüssigkeit von 0,9 specifischem Gewichte.

Man vermischt 3 Theile Salpeter, 2 Theile Weinsteinsalz (kohlensaures Kali) und ein Theil Schwefel zu einem feinen Pulver, und erhitze etwa ein halbes Loth von dieser Mischung über Kohlen in einem eisernen Löffel, so wird, bey anfangender Glühehitze, das Pulver schmelzen, sich stark aufblähen, und endlich sich mit einem heftigen Knall entzünden. Die Erscheinung erkläret sich aus der gleichzeitigen Entbindung der Schwefelleberluft und des Sauerstoffgases aus der Salpetersäure, wodurch ein explodirendes Gasgemenge entsteht, das bey hinlänglich erhöhter Temperatur sich von selbst entzündet.

Auch die Wirkung des gemeinen Schießpulvers können wir auf eine ähnliche Weise erklären. Es besteht aus Salpeter, Kohlen und Schwefel, ungefähr in dem Verhältniß von 32, 6, 1, welche Bestandtheile durch Stampfen fein vermengt, dann etwas feucht durch Siebe getrieben zu Körnern gebildet, die mit Vorsicht getrocknet, und durch eine rollende Bewegung in Fässern abgerundet werden.

Wir müssen uns vorstellen, daß bey dem Entzünden des Schiespulvers die Salpetersäure den zum Verbrennen der entzündlichen Bestandtheile nöthigen Sauerstoff liefere, indessen sie ihren Stickstoff zugleich als Gas fahren lässet. Der Schwefel verbunden mit dem Kali des Salpeters bildet Schwefelleber, die mit dem Sauerstoff ein explodirendes Gas bildet, indessen die Kohle mit einem andern Antheil Sauerstoff zu kohlensaurem Gas verbrennet. Die gasartigen Produkte des verbrannten Schießpulvers sind also: Stickgas, kohlensaures Gas, Wasser, und schweflichtsaure Dämpfe, und da alle diese Körper im gasartigen Zustande einen so viel größern Raum einnehmen als in ihrem verdichteten, so erkläret sich daraus die stark expandirende Kraft des entzündeten Schießpulvers. Woher aber die plötzliche Entwicklung der Wärme die zur schnellen Entzündung der ganzen Masse von nöthen ist? Diese schwierige Frage lässet sich nach meiner Ueberzeugung am befriedigendsten so beantworten: Durch die Entzündung des ersten Pulverkörnchens wird Wärme und Gas frei, hierdurch entsteht eine expandirende Kraft, welche in dem ersten Augenblick condensirend auf die in den Zwischenräumen der Pulverladung eingeschlossene Luft wirkt, und überall Temperaturerhöhung erzeugt, wodurch das Spiel der chemischen Verwandtschaften eingeleitet und befördert wird. Daß diese Erklärungsart die richtige sey, dafür sprechen folgende Thatsachen.

1) Die Kraft und Schnelligkeit der Entzündung des Schießpulvers nimmt ab, wenn man das Schießpulver zu einem mehlartigen Staub zerreibt, und in einer Röhre fest zusammenstampft, wie die langsam brennenden Sätze der Feuerwerker beweißen.

2) Die Kraft des entzündeten Schießpulvers wird bis zu einem gewissen Grad durch Vermischung mit einer lockern Substanz Sägespähne u. dergl. vermehret.

3) Die Kraft des Schießpulvers und die Schnelligkeit der Entzündung nimmt sehr zu, wenn diese, wie bey den Percussions-Feuerzeugen, durch eine explodirende Substanz, oder nach Saltzer in Carlsruhe (Versuche über das Schießpulver 1823) durch ein Luftcompressionsfeuerzeug bewirkt wird. Eine kleine Kanone, auf deren Zündloch ein solches Compressionsfeuerzeug geschraubt war, dessen wohl passender Kolben durch ein Schlagwerk niedergetrieben wurde, trieb, mit 3 Gran Pulver geladen, eine löthige Kugel 400 Fuß weit, und gab eine so starke Explosion, als auf die gewöhnliche Art losgefeuert.

4) Die Entzündung des Schießpulvers im leeren Raume der Luftpumpe lässet sich schwer bewirken.

Anmerkung.

Einige andere zusammengesetzte brennbare Gasarten, welche bisher nur durch die Kunst des Chemikers dargestellet worden sind, wobin auch das sich bey der Berührung der Atmosphäre von selbst zündende Phosphorwasserstoffgas zu rechnen seyn möchte, übergehen wir, und wollen nur noch einige, mit dem Wasser mischbare, saure und alkalische Gasarten kurz erwähnen, deren Kenntniß für die Erklärung mancher Naturerscheinungen von Wichtigkeit ist.

Saure Gasarten.

§. 174.

Mehrere Säuren lassen sich gleich der Kohlensäure in Gasform darstellen, wie die Salzsäure, die Schweflichte-Säure, Salpetrige-Säure und andere. Alle saure Gasarten besitzen die Eigenschaft, begierig von dem Wasser eingesogen zu werden, und mit Hinterlassung eines leeren Raumes die tropfbar flüssige Gestalt anzunehmen. Sie müssen daher, wenn man sie darstellen will, über trockenem

Quecksilber aufgefangen werden. Als Beyspiele dienen Salzsaures-Gas (Hydrochlorsaures-Gas).

Man bringe gut getrocknetes Kochsalz in eine kleine gläserne Retorte, darüber die Hälfte concentrirte Schwefelsäure, tauche den Schnabel der Retorte unter Quecksilber in den ebenfalls mit Quecksilber gefüllten Auffangsapparat. Es geht durch die bey der Mischung entstandne Hitze, oder nöthigen Falls durch Erwärmung von aussen, eine Menge eines durchsichtigen Gases über, das unvermischt seine Gasgestalt beybehält. Kommt das salzsaure Gas mit der Atmosphäre in Berührung, so bilden sich graue Nebel, welche von einer theilweisen Zersetzung des Gases herrühren, indem es die Feuchtigkeit der Atmosphäre anzieht. Das salzsaure Gas ist, wie alle saure Gasarten, mephitischer Art, und weder zur Unterhaltung des Verbrennens, noch des Athmungsprocesses tauglich. Das specifische Gewicht des Gases ist 1,278.

Bringt man Wasser, oder ein Alkali in trocknem oder flüssigem Zustande mit dem salzsauren Gas in Verbindung, so wird es augenblicklich mit Zurücklassung eines leeren Raumes verschluckt und es bildet sich im ersten Fall flüssige Salzsäure, im andern salzsaure Neutralsalze. Lange betrachtete man das trockne salzsaure Gas als einen unzerlegbaren, aus Sauerstoff und einer unbekannten Basis bestehenden Körper. Jetzt aber ist die Meinung Davy's die herrschende geworden, dieses Gas als eine Verbindung von Wasserstoff und einem einfachen Körper dem Chlor (den wir bald näher beschreiben wollen) zu betrachten. Daher der Name Hydrochlorsaures Gas.

§. 175.

Chlorgas (Chlorine, oxydirt salzsaures Gas). Diesen

merkwürdigen Körper entdeckte Scheele, darauf beschäftigte sich vorzüglich Bertholet mit demselben, und in den neuesten Zeiten Humphry Davy, dem wir die jetzige Ansicht verdanken, das Chlor (von seiner gelben Farbe so genannt) als einen einfachen Körper zu betrachten, der, wie der Sauerstoff, ein großes Bestreben hat, sich mit den brennbaren Körpern zu verbinden. (Gay Lüssac und Thenard hatten schon früher darauf hingewiesen, daß man das oxygenirt salzsaure Gas als einen einfachen Körper betrachten könne, indessen gaben sie doch der Bertholetschen Ansicht, vor Davy's Untersuchungen, den Vorzug.) Scheele sah dieses Gas als eine ihres Phlogistons beraubte Salzsäure an, Bertholet dagegen nach der Lehre von Lavoisier als eine mit Sauerstoff übersättigte Salzsäure. Man stellet das Chlorgas dar, wenn man einen Theil pulverisirten schwarzen Braunstein mit 3 Theilen Kochsalz vermengt und dazu 2 Theile Schwefelsäure setzt, die man vorher mit 4 Theilen Wasser verdünnet hat. Die Mischung wird am besten in gläsernen Gefäßen mit doppelter Oeffnung (tubulirten Flaschen) vorgenommen. Giebt man darauf eine mäßige Wärme über Kohlen, so geht ein gelbliches Gas in reichlicher Menge über, das nicht sowohl sauer, als höchst erstickend und die Lungen angreifend ist. Es ist nicht so stark mischbar mit dem Wasser als das salzsaure Gas, und kann unter Wasser, jedoch nicht ohne Verlust, aufgefangen werden. Der Verlust ist geringer, wenn man dem Sperrwasser Kochsalz beymischet. Die Bildung dieses Gases erkläret man nach der ältern Meinung aus der Zusammentrettung eines Theiles Sauerstoff von Braunstein mit dem durch die Schwefelsäure entbundnen [illegible]ren Gas. Nach Davy verbindet sich dagegen der [illegible]toff mit dem Wasserstoff des salzsauren Gases zu

Wasser, und die einfache Grundlage des salzsauren Gases erscheint als Chlorgas.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Chlorgases sind:

1) Es besitzt eine so starke Verwandtschaft gegen die brennbaren Körper, daß es sich mit mehreren derselben bey einer Temperatur von + 25° R unter Feuererscheinung vereiniget. Beyspiele geben pulverisirter Zink, Schwefel, Antimon, Zinnober, Phosphor, welche man in das erwärmte Gas schüttet, und die sich darin von selbst entzünden, dabey wird gemeine Salzsäure frei, die entweder als Gas entweicht oder sich mit den oxydirten brennbaren Körpern und Metallen vereiniget. Es ist aber wohl zu merken, daß diese Erscheinung nur dann Statt finde, wenn man das Chlorgas über Wasser aufgefangen hat und also feucht anwendet. Wenn dagegen trockne, von Wasserstoff freie, brennbare Körper mit ausgetrocknetem Chlorgas zusammen gebracht werden, so verbinden sie sich zwar mit demselben, aber es wird weder Sauerstoff noch Salzsäure in der Verbindung erkannt. Diese Erscheinungen sind es vorzüglich, worauf man die Theorie von der Einfachheit des Chlors gegründet hat. Man nennt diese Verbindungen Chloriden.

Wenn man gleiche Theile Wasserstoffgas und Chlorgas in einer gläsernen Flasche vermischet, und eine Zeitlang an einem warmen nicht von der Sonne beschienenen Orte verschlossen aufbewahret, so verdichten sich beide Gasarten nach und nach zu Salzsäure. Setzt man diese Mischung den Sonnenstrahlen aus, so erfolgt die Verbindung plötzlich und mit Explosion. Sehr merkwürdig ist es, daß hierbey blos die violetten Lichtstrahlen die wirksamen sind; denn lässet man das Licht durch ein dunkelroth gefärbtes Glas (wodurch die violetten Strahlen ausge-

schlossen werden) auf das Gasgemenge wirken, so erfolgt keine Explosion.

Gießet man flüssiges Ammoniak in Chlorgas, so erfolgt eine heftige Zersetzung mit Bildung von Stickgas und salzsaurem Ammoniak.

Leitet man Chlorgas bey einer Temperatur von 25—28° R in eine nicht ganz gesättigte Auflösung von Salmiak, so bildet sich ein Oehlartiger Körper (Chlor-Stickstoff), der bey der Siedhitze des Wassers mit der größten Heftigkeit verpuffet. Der Chlor-Stickstoff ist einer der gefährlichsten Körper, um damit zu experimentiren, indem er bey der blosen Berührung mit vielen Körpern z. B. Phosphor, fetten Oehlen u. s. w. mit der größten Heftigkeit explodiret, wobey sich Stickgas und salzsaure Verbindungen bilden.

2) Die Chlorine besitzt eine ausserordentlich starke die Farben zerstöhrende Eigenschaft. Beyspiele geben die Entfärbung der gemeinen Tinte, der Indigoauflösung, der Lackmustinctur, der Blumen und grünen Blätter der Pflanzen durch dieses Gas. Man erkläret dieß aus einer durch das Chlor bewirkten Zersetzung des Wassers und stärkern Oxydirung der Pflanzenfarben.

Kaltes Wasser nimmt über das doppelte seines Raumes Chlorgas auf und erhält dadurch eine gelbliche Farbe, den Geruch und die Farben zerstöhrende Eigenschaft des Gases. Hierauf beruht die Bereitung des künstlichen Bleichwassers.

3) Die gesättigte wässerigte Auflösung des Chlors besitzt, so wie das Chlorgas selbst, die Eigenschaft in einer Kälte, die etwas unter den Gefrierpunct geht, zu Krystallen anzuschiessen. Faraday fand, daß diese Krystalle aus 27,7 Theilen Chlor und 72,3 Theilen Wasser bestehen. Das Chlor lässet sich aus diesen Krystallen bey einer

Wärme von + 33° in einer verschlossenen Glasröhre von dem Wasser abscheiden, und sinkt als eine grüngelbe Flüssigkeit darin nieder. Das Chlor ist flüchtiger als Wasser und lässet sich von demselben als Gas überdestilliren, vereiniget sich aber bey Temperaturen unter der Eiskälte wieder mit dem Wasser.

Diese Erscheinung gab Faraday Gelegenheit zur künstlichen Verdichtung mehrerer Gasarten durch Druck und Kälte in eingeschlossenen Räumen. Denn er fand bald, daß sich das Chlorgas, auch ohne Beyhülfe von Wasser, durch eine, dem fünffachen Druck der Atmosphäre gleichkommende Pressung zu einer gelben Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht = 1,33 ist, verdichten lassen.

4) Lässet man Chlorgas bey seiner Entbindung durch eine gesättigte Auflösung von Aetz- oder Kohlensaurem-Kali streichen, so fället (im letztern Falle unter Entbindung von Kohlensäure) ein Salz nieder, welches von seinem Entdecker und seinen Eigenschaften den Namen des Bertholetschen Knallsalzes erhalten hat. Es explodiret dieses Salz mit den brennbaren Körpern, besonders dem Schwefel, dem Phosphor, der Kohle, bey einem geringen Druck von aussen, auf eine heftige Weise. Auch hat man den Gebrauch dieses Salzes, statt des Salpeters, zur Verstärkung des Schiespulvers vorgeschlagen, bisher aber dessen Anwendung im Großen zu gefährlich gefunden. In diesem Salz ist das Chlor in Verbindung mit Sauerstoff als eine eigenthümliche Säure enthalten. Daher heißt dieß bertholetsche Salz oxychlorsaures Kali; sonst nannte man es überoxydirt salzsaures Kali.

Man kennt jetzt noch mehrere Verbindungen des Chlor's mit dem Sauerstoff.

5) Noch wollen wir die merkwürdige Kraft erwähnen, welche das Chlor auf die Zerstöhrung der pestartigen Mias-

men und andere der Atmosphäre beygemischte schädliche Verunreinigungen ausübt. Hierauf gründet sich das Räuchern mit Chlorgas (oxydirter Salzsäure) in Krankenzimmern. Die Anwendung ist sehr leicht. Man bereitet sich die oben beschriebene Mischung aus 3 Theilen Kochsalz und 1 Theil Braunstein, erhitzt verdünnte Schwefelsäure gelinde in einer Porcellan-Schaale, und träget von jenem Pulver in kleinen Portionen nach und nach so viel in die Flüssigkeit, damit sich nicht mehr Gas entbinde, als man ohne Nachtheil einathmen kann. Man bedienet sich auch des Chlorwassers (der flüssigen oxygenirten Salzsäure) zur Abwaschung solcher Körper, welche man für angesteckt hält.

Längst bekannt waren die Essigsauren Räucherungen. Dann bediente sich zur Zerstöhrung fauligter thierischer Miasmen Guyton Morveau zuerst des gemeinen salzsauren Gases, darauf des salpetrigtsauren Gases. Jetzt ist man bey dem Chlorgas, als dem wirksamsten, stehen geblieben.

Jode (Jodine) Hydriodsaures Gas.

§. 176.

Wir erwähnen der Jode, eines von Courtois im Jahr 1811 in der Mutterlauge der Soda zufällig entdeckten Körpers, der darauf von Davy und Gay Lüssac genauer untersucht wurde, um deswillen hier, weil er mit dem Chlor so viel ähnliches in seinem Verhalten gegen den Wasserstoff hat. Wenn man das Salz der Sodamutterlauge bis zur Trockne abraucht, mit Schwefelsäure vermischt erhitzt, wodurch die salzsauren Salze zerlegt werden, dann den Rückstand mit Braunstein versetzt und destilliret, so steigen in dem Hals der Retorte violblaue Dämpfe auf, die sich an den kühlern Theilen als ein metallisch glänzender dunkelgrauer Körper in kleinen Blättchen krystallisiren.

Dieß ist die Jode. Bringt man etwas davon in eine weiße Glasröhre, die man dann oben zuschliesset, so lässet sich die Jode durch Erwärmung der Glasröhre in einen violblauen Dampf verwandeln, der in Gasgestalt den innern Raum der Röhre erfüllet, sich aber durch Erniedrigung der Temperatur wieder zu einem festen krystallinischen Körper niederschläget. Die Jode ist, gleich der Chlorine und dem Sauerstoff, ein einfacher Körper, welcher wie sie eine sehr starke Verwandtschaft zu den brennbaren Körpern besitzt, und insbesondere mit dem Wasserstoff zu gleichen Raumstheilen eine eigne Säure, die Hydriodsäure (Jod-Wasserstoff-Säure), bildet. Man erhält diese Säure, wenn man Jode mit Wasser befeuchtet, und Schwefelwasserstoffgas durchstreichen lässet, der Schwefel schlägt sich nieder, und der Wasserstoff verbindet sich mit der Jode zur Säure. Lässet man Wasserstoffgas mit den Dämpfen der Jode zugleich durch ein glühendes Porcellanrohr streichen, so geht ein farbloses Gas über, das schnell von dem Wasser eingesogen wird und dieses sehr sauer macht und dunkelroth färbt. Die Hydriodsäure verbindet sich mit den Alkalien und andern Basen zu eigenthümlichen Salzen. Nach Professor Liebigs Untersuchungen findet sich Hydriodsaures Natron in der Mutterlauge der hessischen Salinen zu Salzhausen und Creuznach. Wahrscheinlich enthält auch das Meerwasser ähnliche Salze. Auch hat man jetzt die Jode als einen Bestandtheil der Mineralreichs entdeckt.

Die Verbindung der Jode mit dem Ammoniak liefert ein sehr heftig detonirendes Knallpulver, Jod-Stickstoff, eben so gefährlich zu behandeln als der Chlor-Stickstoff. Der Phosphor verbindet sich mit der Jodine im trocknen Zustande zu einem eigenthümlichen Körper, der eine große Hitze verträget, ohne sich zu zersetzen. Kommt aber Feuch-

sigkeit hinzu, so geht eine heftige Zersetzung des Wassers vor sich, der Phosphor verwandelt sich durch Anziehung des Sauerstoffs in Phosphorsäure, die Jode durch den Wasserstoff in Jodsäure.

Die Stärkeauflösung ist nach Stromeyers Entdeckung eins der beßten Reagentien gegen das Jod, sie wird von demselben roth und mit Säure versetzt blau gefärbt.

Andere Verbindungen der Jode, deren man jetzt schon mehrere kennet, müssen hier übergegangen werden.

Flußspathsaure Luft (Kieselerde haltiges flußsaures Gas, Gasförmige flußsaure Kieselerde).

§. 177.

Man vermische zwei Theile fein pulverisirten Flußspath mit einem Theil Schwefelsäure in einer kleinen gläsernen Retorte, und gebe eine hinlängliche Hitze, so steiget aus dem Gemenge ein saures Gas auf, welches bey der Berührung mit der Atmosphäre weiße Nebel bildet, die aus einer theilweisen Zersetzung des Gases durch die Feuchtigkeit der Luft entstehen. Ueber Quecksilber aufgefangen bleibt das Gas durchsichtig. Bringt man zu dem Gas etwas Wasser, so wird das Gas von dem Wasser schnell verdichtet, es bildet sich tropfbare Flußsäure und zugleich schläget sich Kieselerde nieder, welche in Gestalt einer weißen pulverartigen Rinde die Flüssigkeit umgiebt. Zugleich findet man das gläserne Entbindungsgefäß stark angegriffen. Dieß beweißet, daß das so erhaltene Gas eine Zusammensetzung aus der Säure des Flußspathes und der Kieselerde des Gefäßes ist. Da die Kieselerde durch keine andere Säure aufgelöset werden kann, so ist die Erscheinung um so merkwürdiger. Gay Lussac und [illegible]rd haben dargethan, daß die reine Flußspathsäure,

wie man sie durch die Destillation aus metallnen Gefäßen, die von der Säure nicht angegriffen werden, erhält, nicht in Gasgestalt dargestellt werden könne. Das kieselige flußsaure Gas enthält nach Berzelius 100 Theile Flußsäure und 145,76 Kieselerde; bey der Berührung mit Wasser setzt es ⅓ von seiner Kieselerde ab, der übrige mit der Säure verbundne Antheil Kieselerde geht selbst in die Vereinigung mit den Salzbasen zu Doppelsalzen ein. Durch Erhitzung des Kaliums in kieseligem flußsaurem Gas, scheidet sich aus diesem ein brauner Körper ab, den Gay Lüssac und Thenard zuerst beobachteten, und für die Grundlage der Flußsäure hielten. Berzelius hat durch neuere Untersuchungen nachgewiesen, daß dieser braune Körper, Silicium, die Grundlage der Kieselerde, ist.

Wir können die Eigenschaften dieses merkwürdigen Körpers, welcher zwischen den Metallen und unmetallischen brennbaren Körpern gleichsam mitten steht, hier nicht verfolgen, sondern verweisen unsre Leser auf Berzelius Abhandlung, die sich in Poggendorfs Annalen 1824 findet.

Auf der Eigenschaft der Flußsäure, die Kieselerde in Gasgestalt aufzulösen, beruht die Kunst in Glas zu ätzen, wobey man entweder die gasförmige Flußsäure, oder auch die tropfbar flüssige anwendet, welche letztere erst, wenn sie durch die Wärme verdünstet, in das Glas einätzet.

Ammoniakgas (flüchtig alkalische Luft).

§. 178.

Unter den alkalischen Gasarten kennen wir das Ammoniakgas am besten. Es erzeuget sich von selbst bey der Fäulniß thierischer Körper. Rein, durch die Kunst stellet man es dar, wenn man gebrannten Kalk mit trock-

nem gepülverten Salmiak vermischet in einer kleinen Retorte, anfänglich gelinde, dann stufenweise stärker erhitzt, und das übergehende Gas über trocknem Quecksilber auffängt. Das Ammoniakgas hat einen eigenthümlichen flüchtig stechenden Geruch, ist mephitischer Art, zur Unterhaltung des Verbrennens untauglich. Auch kann man es, wie Bertholet entdeckte, in Wasserstoffgas und Stickgas zerlegen, wenn man das Ammoniakgas durch eine glühende Porcellanröhre treibt. Auf die Art erhielt Gay Lüssac aus 100 Raumstheilen Ammoniakgas 50 Theile Stickgas und 150 Theile Wasserstoffgas. Die beiden zuletzt genannten Gasarten bilden also die Elemente des Ammoniakgases, und verdichten sich bey ihrer Vereinigung auf den halben Raum, welches mit den specifischen Gewichten gut übereinstimmt. Da $\frac{1 \times 0,97 + 3 \times 0,079}{2} = 0,603$ gleich dem specifischen Gewicht des Ammoniakgases ist. Auf diese Weise scheint sich das Ammoniakgas aus seinen Bestandtheilen bey der Fäulniß und der trocknen Destillation der thierischen Stoffe zusammenzusetzen. Das Ammoniakgas wird so stark von dem Wasser angezogen, daß dieß fast ein Drittheil seines Gewichts davon aufnehmen kann, und damit den ätzenden Salmiakgeist bildet. Das specifische Gewicht der Auflösung ist desto geringer, je stärker sie ist (gegen die Analogie anderer Auflösungen). Dieß beweißet das große Streben des Ammoniak's nach der Gasform selbst in seiner Verbindung mit dem Wasser. Nach Davy ist das specifische Gewicht eines aus 32,5 Ammoniak und 67,5 Theilen Wasser bestehenden Salmiakgeistes = 0,875. Eine noch größere mit Erhitzung verbundne Verdichtung des Ammoniakgases findet Statt, wenn man [illegible] den sauren Gasarten zu pulverförmigen Salzen nie-

der schläget. Mit der Chlorine und Jodine zersetzet es sich unter Feuererscheinung, indem es diese einfache Körper in Wasserstoffsäuren verwandelt und seinen Stickstoff fahren lässet.

Versuche zur Erläuterung dieser Erscheinungen sind:

Man lasse salzsaures Gas, oder kohlensaures Gas zu Ammoniakgas über Quecksilber gesperret treten, so bildet sich Salmiak, oder kohlensaures Ammoniak in fester Gestalt (pulverförmig), und es entsteht durch die Verdichtung der Gasarten ein leerer Raum, in welchen das Quecksilber durch den Druck der Atmosphäre ansteiget. Mischet man Ammoniakgas mit Chlorgas, so vereinigen sich beide mit Entwickelung einer hellen Flamme.

Hierbey wollen wir auch der besondern Kraft der Kohle erwähnen, das Ammoniakgas und mehrere andere Gasarten zu verdichten. Nach Saussüre zieht eine in verschlossenen Gefäßen gut durchgeglühete, und unter Quecksilber ausgelöschte Kohle, wenn sie mit nachstehenden Gasarten eingeschlossen wird, das so vielfache ihres Raumes von diesem Gasarten an, und erhält sie in einem verdichteten Zustande, als die nebenstehenden Zahlen angeben.

Ammoniakgas	90
salzsaures Gas	85
schweflichtsaures Gas	65
Schwefelwasserstoffgas	55
Stickstoffoxydul	40
kohlensaures Gas	35
Kohlenwasserstoffgas	35
Kohlenstoffoxydgas	9,42
Sauerstoffgas	9,25
Stickgas	7,5
Wassestoffgas	1,75

In dem luftleeren Raum der Luftpumpe giebt die Kohle die Gasarten unverändert wieder von sich. Auf dieser merkwürdigen Gasverdichtenden Eigenschaft der Kohle (welche nicht blos der Pflanzenkohle, sondern auch der thierischen, und Mineralkohle, nach vorgängiger Ausglühung, zukommt) beruht ohne Zweifel auch die reinigende Eigenschaft der Kohle, welche dieselbe auf fauligte übel riechende und schmeckende Körper äusert, wovon man in den Künsten häufigen Gebrauch macht, und oben bey der Kohle schon die Rede gewesen ist.

§. 179.

Die Kenntniß von den verschiednen Gasarten hat uns zugleich eine richtigere Ansicht von mehreren Naturerscheinungen gewähret. Hierher gehöret insbesondere auch die von selbst erfolgenden Entmischungen der organischen Körper, die wir mit dem Namen der Gährung bezeichnen. Man unterscheidet drei Arten oder Stufen der Gährung: die weinigte, die saure oder Essiggährung, und die Fäulniß.

Der weinigen Gährung sind vorzüglich die Zuckerhaltigen Pflanzenstoffe fähig, wenn sie mit Wasser verdünnt einer Wärme von 15° — 20° R ausgesetzt werden. Dabey scheidet sich kohlensaures Gas in Menge aus, und die süße Flüßigkeit geht nach und nach in eine weinartige über, aus welcher durch Destillation der reine Weingeist, als das eigentliche Produkt dieser Gährung, von den übrigen wässerigen, süßen und sauren Bestandtheilen getrennt werden kann. Nach Lavoisier gaben 100 Theile Zucker 36 Kohlensäure 57½ Alkohol, 1½ Hefe, 2 Essig, vier Theile Zucker und das zugesetzte Wasser blieben unzerlegt. Hiernach beruhet die Bildung des Weingeists blos auf der Ausscheidung des kohlensauren Gases; findet diese nicht vollständig Statt, so ist auch die weinige Gährung nicht als vollendet anzusehen, daher die sogenannten mussirenden Weine und Bierarten wie der Champagner unvollkommen ausgegohren, dagegen mit einer reichlichen Menge von kohlensaurem Gas angeschwängerte weinartige Flüssigkeiten sind. Der Weingeist selbst ist höchst entzündlich, und liefert als Produkt des Verbrennens kohlensaures Gas und Wasser. Treibt man seine Dämpfe durch ein glühendes Porcellanrohr, so zerfallen sie nach Saussüre in kohlensaures Gas, und Oehlbildendes entzündliches Gas. Indessen kann man bis jetzt

den Weingeist nicht durch die Kunst aus seinen Bestandtheilen zusammen setzen.

Wird der Weingeist nicht von der weinigten Flüssigkeit, oder diese selbst nicht von der Hefe weggenommen, so tritt, besonders bey einer höhern Temperatur von 24—30° R eine neue Gährung ein, wobey abermals kohlensaures Gas ausgeschieden und zugleich Sauerstoff aus der Luft eingesogen wird. Ist diese Gährung auch vorübergegangen, so hat sich die weinigte Flüssigkeit in eine saure, den Essig, verwandelt, den man daher als einen gesäuerten Wein betrachten kann. Die Erfahrung lehret, daß manche Pflanzenstoffe, vorzüglich die vielen Schleim und Kleber enthaltenden, so wie die Pflanzensäure selbst, auch ohne weinige Gährung, sogleich in die Essiggährung übergehen. Beide Gährungen, sowohl die weinige, wie die saure, werden in den dazu fähigen Körpern schneller hervorgerufen, wenn man denselben ein ähnliches Gährungsprodukt, Hefe, Sauerteig oder nach neuern Beobachtungen auch nur kohlensaures Gas beymengt. Diese sogenannten Gährungsmittel (Fermente) scheinen theils durch das aus ihnen sich entbindende kohlensaure Gas und die damit verknüpfte innere Bewegung der Theile, theils durch die Anziehung der homogenen Stoffe auf die Bestandtheile der gährungsfähigen Körper auf ähnliche Weise zu wirken, wie ein bereits gebildeter Krystall auf eine krystallisirende Flüssigkeit.

Wird das Produkt der sauren Gährung, der Essig, nicht von seiner Hefe gesondert, und an kühlen Orten in verschlossenen Gefäßen aufbewahret, so tritt eine neue und zwar die letzte Stufe der Gährung, die Fäulniß, ein, wobey ausser kohlensaurem Gas, auch Stickgas, entzündliches Gas und zwar nach Beschaffenheit der faulenden Stoffe, bald gekohltes, bald Schwefel- und Phosphorhaltiges

Wasserstoffgas entbunden werden. Bey der Fäulniß thierischer Körper, welche nach dem Tode derselben in der Regel ohne eine bemerkbare weinige und saure Gährung sogleich eintritt, entwickelt sich auch viel Ammoniakgas. Ueberhaupt werden durch die Fäulniß, wenn den sich entwickelnden Gasarten freier Ausweg gestattet ist, alle feste und flüssige Bestandtheile zerleget und größtentheils als gasartige Ausflüsse fortgeführt. Das sogenannte caput mortuum besteht aus wenigen kohlensauren, schwefel- und phosphorsauren, oder unter Umständen auch salpetersauren Erden.

Ausser den eben genannten drei Hauptgährungsarten giebt es noch mehrere von selbst erfolgende Entmischungsprocesse, wodurch die entferntern Bestandtheile der organischen und unorganischen Körper in andere Verhältnisse zusammentretten, die zum Theil noch nicht genau erforschet sind, und deren nähere Betrachtung mehr in das Specielle der Chemie gehöret.

Neunter Abschnitt.

Von der Wärme.

---

§. 180.

Unter der Wärme versteht man erstens das eigne Gefühl, welches ein heißer Körper in uns zu erregen vermag, zweitens die Ursache, welche einem Körper die Fähigkeit ertheilet, jenes Gefühl in uns zu erregen.

Aufrichtig zu gestehen, wissen wir von der wahren Beschaffenheit der Ursache, welche die Erscheinungen, die wir der Wärme zuschreiben, hervorbringt, wenig Gewißes. Man hat mehrere Hypothesen darüber aufgestellet, wovon eine der gangbarsten die folgende ist.

Die Wärme (der Wärmestoff, caloricum) ist eine eigne feine elastische Flüssigkeit ohne Schwere und bemerkbare Trägheit, welche von allen Körpern mehr oder weniger angezogen wird, und sich mit ihnen durch physische Adhäsion und chemische Verwandtschaft vereinigen und einen Bestandtheil derselben ausmachen kann, ohne ihr Gewicht zu vermehren. Im freien Zustande stoßen sich die Theilchen

des Wärmestoffs zurück, und haben ein Bestreben sich strahlenförmig durch den Raum zu verbreiten, wie das Licht.

Nach einer andern Hypothese besteht die Wärme blos in einer schwingenden Bewegung der Körpertheilchen, die selbst wieder durch eine schwingende Bewegung eines überall verbreiteten Aethers, in welcher man nach dieser Ansicht die Erregung und Verbreitung des Licht's sucht, hervorgerufen wird.

Der Hypothese von einem materiellen Wärmestoff scheinet es nicht günstig zu seyn, daß man feste Körper, wie z. B. ein Stück Metall, durch schnelles Umdrehen unter einem aufdrückenden Reibzeug zu wiederholten mahlen bis zum Glühen erhitzen kann, ohne in dem Zustande des Körpers, oder den Erscheinungen des Versuchs eine bemerkbare Veränderung wahrzunehmen. Warum erschöpfet sich der Vorrath an Wärmestoff unter diesen Umständen nicht? doch kann man hierauf antworten, die durch das Reiben frei werdende Wärme ist nur ein kleiner Theil des in dem Körper durch chemische Anziehung gebundnen Wärmestoffes, und kann denn bald von aussen her wieder ersetzet werden.

Dagegen gewähret die Oscillation'stheorie wenig Befriedigendes über die wechselseitigen Beziehungen, welche zwischen dem Spiel der chemischen Wahlverwandtschaften und den Temperaturveränderungen der Körper wahrgenommen werden.

Die vorzüglichste Quelle aller Wärme auf der Oberfläche der Erde bleibt ohne Widerrede die Sonne, d. i. die von ihr ausgehenden, und die Erde treffenden Lichtstrahlen. Sind also Wärme und Licht identisch? Giebt es gleich phosphorische Erscheinungen ohne bemerkbare Wärme, und Wärmeentwickelungen ohne Licht: so ist doch so viel gewiß, daß jede zu einer gewissen Stärke gesteigerte Hitze leuchtend, so wie jedes in dunkeln Körpern sich verlierende Licht erwärmend wirkt. Daher müssen beide Kräfte einander nahe verwandt, die eine wohl nur eine Modification der andern seyn. Sollte das Licht die Ursache aller Expansion und die Wärme ein mit trägem, jedoch höchst fein und ausgedehntem Stoffe verbundnes, und dadurch fühlbar gewordnes Licht seyn? Oder enthält das Licht die Wärme als einen Bestandtheil, von welchem es mehr oder weniger getrennt werden kann? Die letztere Meinung wird durch Her-

schels Versuche über wärmende, aber nicht leuchtende Strahlen, welche durch das Prisma aus dem Lichte gesondert werden können, unterstützt. Hiervon das Weitere in dem Abschnitt vom Lichte. Wenden wir uns nun von dem zweifelhaften hypothetischen zu dem gewissern, das ist den Gesetzen der Erscheinungen die uns die Wärme darbietet.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

§. 181.

Alle Körper werden durch die Wärme ausgedehnet, die festen am wenigsten, die flüssigen mehr, die elastischen am meisten. Wir können uns also die Wirkung der Wärme in den Körpern als einer ausdehnenden Kraft vorstellen. Besitzt diese Kraft in verschiednen Körpern gleiche Größe nach aussen zu wirken, so schreiben wir den Körpern gleiche Temperaturen zu. Stellen wir uns die freie Wärme als eine strahlende Flüssigkeit vor, so dürfen wir das Gleichgewicht der Temperatur zwischen verschiednen Körpern, nur in einem sich wechselseitig compensirenden Austausch von Wärmestrahlen zwischen den Körpern suchen. Ist dieß Gleichgewicht zwischen zweien Körpern gestöhret, so gewinnet der kältere mehr als er an den heißen abgiebt, und bey diesem verhält es sich gerade umgekehrt.

Man kann die Temperatur eines Körpers auch durch die Spannkraft der Wärme bezeichnen, sie drückt nicht die absolute Menge von Wärme in einem Körper aus, sondern nur deren Bestreben sich mit der Wärme des umgebenden Raumes ins Gleichgewicht zu setzen.

Von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme kann man sich durch sehr einfache Erfahrungen überzeugen, obgleich die genaue Messung derselben eigne Schwierigkeiten hat. Eine metallene Kugel, welche bey einer mittlern Temperatur genau in eine kreißrunde Oeffnung passet, wird erhitzt größer, und geht nicht mehr durch die Oeffnung. Hohle gläserne Kügel-

chen, welche ein wenig specifisch leichter sind, als eine Flüssigkeit, worauf sie schwimmen, sinken in der Flüssigkeit unter, wenn man diese erwärmt, weil sich die Flüssigkeit stärker ausdehnt, als die in ihr eingetauchten festen Körper. Eine Blase, in deren Falten Luft steckt, fest zugebunden, und gegen einen warmen Ofen, oder über ein mäßiges Kohlenfeuer gehalten, schwillet an, sinkt aber nach Verfliegung der Wärme wieder zusammen. Bey der genauen Messung der Ausdehnung der Körper durch die Wärme kommt es vorzüglich auf folgende Puncte an. Man muß erstens die Temperaturunterschiede genau angeben, zwischen welchen die Ausdehnung gemessen werden soll; ist diese Ausdehnung an sich klein, so müssen künstliche Vorrichtungen angebracht werden, um sie vergrößert messen zu können, welche Vorrichtungen selbst außerhalb des Einflusses der veränderlichen Temperatur gehalten werden. Hat man es endlich mit flüssigen Körpern zu thun, so kann man ihren Raum nur innerhalb Gefäßen beobachten, welche selbst durch die Wärme ausgedehnt werden, und man muß die Größe dieser Ausdehnung wissen, um sie zur beobachteten scheinbaren Ausdehnung der flüssigen Körper fügen zu können, damit man ihre wahre Ausdehnung erhalte.

§. 182.

Die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme wird am besten an Stäben, von nicht zu kleiner Länge, auf folgende Weise beobachtet.

Es bezeichne AB Fig. 113 einen Stab, dessen Ausdehnung gemessen werden soll. Er stemme sich bei A gegen eine feste Unterlage, bey B wider den kurzen Arm eines beweglichen Winkelhebels BCD, dessen längerer Arm CD bey D an einem eingetheilten Gradbogen, oder noch besser, unter einem mit einem Mikrometer versehen Mikroscop herspielet; so lässet sich die Verrückung des Zeigers CD mit großer Schärfe beobachten, und daraus und dem bekannten Verhältnisse der Hebelärme CB : CD auf die Verlängerung des Stabes AB schliessen. Um diese Verlängerung für einen bestimmten Temperaturunterschied zu erhalten, ist es

am sichersten, den Stab der Länge nach zuerst in Wasser, das mit schmelzenden Schnee vermischt ist, zu legen, und nachdem man den Winkelhebel genau in Berührung mit B gebracht hat, das Wasser um den Stab bis zum Sieden bey einem Barometerstand von 28 Zoll zu erhitzen. Lavoisier und La Place haben zu ihren Bestimmungen der Ausdehnungen der festen Körper einen ähnlichen Apparat gebraucht, wo der bewegliche Arm CD die Axe eines Fernrohres drehte, das nach einem 100 Toisen entfernten Absehen gerichtet war. Hierdurch konnten die Veränderungen der 6 Fuß langen Stange AB bis auf $1/_{744}$ einer Linie gemessen werden.

Heißt die Länge eines festen Körpers bey der Eiskälte $= 1$ und die Zunahme der Länge für ein bekanntes Wachsthum der Temperatur $= x$ (wo x vermöge der Erfahrung einen kleinen Bruch bezeichnet), so hat man Näherungsweise für den gleichen Temperaturunterschied
die Ausdehnung in der Fläche $= 2x$
die Ausdehnung im körperlichen Raume $= 3x$
weil, mit Vernachlässigung der höhern Potenzen von x,
$(1 + x)^2 = 1 + - 2x$
$(1 + x)^3 = 1 + - 3x$ genommen werden kann.

§. 183.

Die Ausdehnung einer Flüssigkeit durch die Wärme zu messen, wähle man eine gläserne Flasche von 1 — 2 Cubikzoll Inhalt (man bestimmt den Raum am sichersten durch Füllen und Abwägen mit Quecksilber).

Durch einen gut in die Oeffnung der Flasche passenden Propfen stecke man eine cylindrische Glasröhre von bekanntem Durchmesser, 1 — 2 Linien weit, und 10 — 20 Zoll hoch. Längst der Glasröhre befestiget man einen in Zollen und Linien getheilten Maaßstab.

Füllet man die Flasche mit der Flüssigkeit, deren

Ausdehnung untersucht werden soll, an, und befestiget den Stopfen mit der Röhre in den Hals der Flasche, so wird die Flüssigkeit in der Röhre ansteigen. Man bestimme den Stand derselben in der Röhre an dem Maaßstabe, indem man die Flasche zuerst in eiskaltes Wasser setzt und darauf dieß nach und nach bis zur Siedhitze erwärmt. Es ist zweckmäßig, neben der Glasröhre ein feines Thermometer durch den Stopfen in die Flasche gehen zu lassen, um sich von der Temperatur der Flüssigkeit in der Flasche genau zu versichern. Zu der so gemessenen Ausdehnung der Flüssigkeit muß die Ausdehnung des Glases gefüget werden, um die absolute Größe der Ausdehnung zu erhalten. Statt des beschriebenen Verfahrens kann man auch die Ausdehnungen der Flüssigkeiten finden, wenn man ihre Dichte bey verschiedenen Temperaturen durch das Aräometer bestimmt, und dabey auf die Ausdehnungen des Aräometers gehörige Rücksicht nimmt.

§. 184.

Um die Ausdehnungen gasartiger Flüssigkeiten durch die Wärme zu bestimmen, scheinet mir folgendes Verfahren eins der zweckmäßigsten zu seyn.

An einen Glascylinder ab Fig. 114 von bekanntem Durchmesser und Inhalt (etwa ½ Zoll weit, 3 Zoll hoch) schmelze man eine Barometerröhre an, deren Durchmesser man ebenfalls gemessen hat, und biege sie nach bcdg heberförmig um. Es ist gut, die obere Oeffnung des Cylinders a vor der Schmelzlampe etwas zu verengern, damit man sie desto fester durch einen Propfen, durch den man vorher die Röhre eines feinen Thermometers tt gesteckt hat, luftdicht verschliessen könne. Der Cylinder wird von unten her durch eine hinlänglich weite Oeffnung in den Boden des blechenen Gefäßes AAAA eingeschoben, und vermittelst

eines durchschnittnen Propfens festgehalten und verkittet. Ist dieß geschehen, so sperret man die Luft oben durch den Propfen, unten durch eine Säule von trocknem Quecksilber edcb von der Atmosphäre ab, bringt Wasser von einer gegebenen Temperatur, z. B. der Eiskälte, in das Gefäß AA, und bemerkt die Stelle e, wo sich das Quecksilber in der Barometerröhre befindet; hierauf vertauschet man das kalte Wasser mit warmem, und bezeichnet den Punct f, wenn das Ansteigen der Quecksilbersäule beendiget und das in dem Gas eingeschlossne Thermometer t zum Stillstand gekommen ist. Heißt die gemessene Höhe $ef = h$ und der zu gleicher Zeit beobachtete Barometerstand $= b$, so erhält man für die scheinbare Vermehrung der Spannkraft der Luft den Ausdruck $\frac{b + h}{b} = 1 + \frac{h}{b}$. Es bedarf aber diese Größe einer doppelten Verbesserung. Es muß 1) die Höhe h wegen des Sinkens des Quecksilberspiegels bb' um die Größe $\frac{h}{q}$ vermehret werden, wenn $q : 1$ das Verhältniß des Querschnitts des Cylinders zur Röhre bezeichnet, die so vermehrte Höhe $h + \frac{h}{q}$ sey $= h'$. 2) hat sich die Luft aus dem Raume ab in den ab' ausgedehnt; hätte diese Ausdehnung nicht statt gefunden, so würde die Spannkraft in dem Verhältnisse $ab' : ab$ größer beobachtet worden seyn. Dieß giebt für die eigentliche Vermehrung der Spannkraft der Luft $\left(1 + \frac{h'}{b}\right) \frac{ab'}{ab}$, welche Größe endlich noch um die Ausdehnung des Glases vermehret werden muß, um die wahre Ausdehnung der Luft durch die Wärme zu finden.

Die von Gay Lüssac eingeschlagne Methode die Ausdehnungen der Gasarten zu messen, findet man umständlich beschrieben in Biots Physik 1. Thl. worauf wir unsre Leser verweisen.

Ausdehnungen
einiger festen Körper nach der Länge von der Eiskälte bis zur Siedhitze größtentheils nach Lavoisier und La Place, die Länge bey der Eiskälte = 1 gesetzt.

Körper.		Ausdehnung.	Beobachter.
Zink		0,002960	Smeaton
Blei		0,00284836	Lavois. La Place
Eisen	geschmiedet	0,00122045	
	Drath	0,00123504	
Flintglas	englisches	0,00081166	
	französisches	0,00087199	
Glasröhren		0,00087572	
Spiegelglas		0,00089089	
Gold	geschmiedetes	0,00146606	
	pariser Probe	0,00155155	
Kupfer		0,00171733	
Messing		0,00187821	
Platina		0,00085655	Borda
Silber (Kapellen S.)		0,00190974	
Stahl (gehärtet)		0,00123956	
(ungehärtet)		0,00107912	
Zinn (englisches)		0,00127298	

Die Ausdehnungen der festen Körper innerhalb den angegebenen Temperaturgränzen sind nahe gleichförmig, aber in höhern Temperaturen wachsend. Wenigstens ist dieß für einige, namentlich Eisen, Kupfer, Platina, Glas, durch die Erfahrung bewiesen. Nimmt man die Ausdehnung der Luft durch die ganze Scale des Thermometers für gleichförmig, so entsprechen nach Dülong und Petit (Gilb. Annal. 1818 3. St.)

291,77° d. Luftthermom. = 300° der Quecksilbertherm.
300° d. Quecksilbertherm. = 310° eines Metallthermometers aus Kupfer und Platina.

Ausdehnungen
einiger Flüssigkeiten von der Eiskälte bis zur Siedhitze.

Wasser	0,0466	Biot
	0,0454	Schmidt
Quecksilber	0,0180	Dülong u. Petit
	0,0185	Delüc
	0,01745	Schmidt
Weingeist	0,12548	Biot

Die Ausdehnungen der Flüssigkeiten sind im Allgemeinen sehr wachsend und bey manchen, wie bey dem Wasser, liegt der Punct der größten Dichte diesseits des Frierpunct's. Nach meinen ältern und neuern Versuchen, womit die §. 76 angeführten Beobachtungen Hallströms zu vergleichen sind, finde ich für Wasser folgende Ausdehnungen:

0°	Reaum	—	1,00000	60° R	—	1,02633
+ 2,3	—	—	0,9992	70°	—	1,03481
10°	—	—	1,00039	80°	—	1,04546
20	—	—	1,00351			
30	—	—	1,00967			
40°	—	—	1,01243			
50°	—	—	1,01849			

Für die mittleren Temperaturen von 15° — 30° Reaum fand ich die Ausdehnungen von

Wasser	0,01328
Weingeist	0,03973 (0,827 spec. Gew.)
Therpentinöhl	0,03708
Baumöhl	0,03017
Scheidewasser	0,0246 (1,17 spec. Gew.)
Vitriolöhl	0,0234 (1,89 spec. Gew.).

Wie man aus der bekannten Ausdehnung zweier Flüssigkeiten (z. B. Wasser und Weingeist) die Ausdehnung ihrer Mischung finden könne, ist §. 79 gezeiget worden.

Ausdehnung
der Gase (und der Dämpfe so lange diese sich nicht zersetzen) von der Eiskälte bis zur Siedhitze.

0,375 nach Gay Lüssac den Raum bey der Eiskälte = 1 gesetzt.

Sucht man den Raum x eines Gases für eine beliebige Temperatur des hunderttheiligen Thermometers = t, so erhält man

$$x = (1 + 0{,}00375\,t)\,a$$

wenn a den Raum bey der Eiskälte bezeichnet, umgekehrt

$$a = \frac{x}{1 + 0{,}00375\,t}$$

Für eine andere Scale z. B. die reaumürische erhält man

$$x' = \left(\frac{1 + 0{,}375t'}{80}\right)a = (1 + 0{,}0047t')\,a = \left(1 + \frac{t'}{213}\right)a$$

$$a = \frac{x'}{1 + 0{,}0047\,t'} = \frac{213\,x}{213 + t'}$$

Von den Thermometern.

§. 185.

Unter einem Thermometer versteht man ein Werkzeug, welches durch die Ausdehnung einer in ihm enthaltnen Flüssigkeit die Spannkraft der Wärme in dem umgebenden Mittel, das ist die Temperatur, zu erkennen giebt. Von einem guten Thermometer fordert man, daß es nicht blos empfindlich sey, sondern daß auch die Grade des Thermometers den Unterschieden der Temperaturen proportional bleiben, und endlich, daß die Angaben verschiedner Thermometerstände unter einander vergleichbar seyen.

Nach mehreren Untersuchungen, die wir vorzüglich De-lüc verdanken, sind die Naturforscher bey dem Quecksilber als der besten thermometrischen Flüssigkeit stehen geblieben. Zu festen Puncten der Thermometerscale, von welchen aus die Eintheilung bestimmt wird, hat man die Wärme des aufthauenden Eises, und den Siedepunct des Wassers gewählt; letzteren bey einem bestimmten Barometerstand von

28″ p. M. = 30″ engl. = 0,76 Meter = 30,4″ hess. Maaß. Der Zwischenraum der festen Puncte kann auf verschiedne Weise eingetheilet werden. Die jetzt üblichsten Thermometerscalen sind folgende:

1) die 100theilige nach Celsius oder die Neufranzösische Scale, wo der Eispunct mit 0, der Siedpunct mit 100

2) die 80theilige oder Reaumürische, wo der Eispunct mit 0°, der Siedpunct mit 80° bezeichnet wird.

3) Die Fahrenheitsche Scale. Bey letzterer wird der Zwischenraum der festen Puncte in 180 gleiche Theile getheilet, von diesen 32 unter den Eispunct getragen, hier Null hingeschrieben, bey den Eispunct 32, bey dem Siedpunct 212.

Diejenigen Grade der Thermometerscale, welche unter den Nullpunct fallen, heißen negative Grade. Man kann auch, wenn es der Raum erlaubt, Grade über den Siedpunct des Wassers hinauf bis zum Siedpunct des Quecksilbers tragen, wodurch die Thermometerscale die 3fache Ausdehnung der gewöhnlichen erhält. Es ist leicht eine Angabe einer der drei Thermometerscalen in die andere zu verwandeln, wenn man folgendes bemerkt, wobey wir die Grade der drei Scalen mit c, r, f bezeichnen.

Da $100\,c = 80\,r$
$10\,c = 8\,r$
$5\,c = 4\,r$

so hat man $\frac{4}{5}\,C = R$, wenn R die Menge der reaumürischen Grade bezeichnet, welche $= C$ sind, und umgekehret $\frac{5}{4}\,R = C$. Z. B. $C = 25$; $R = 20$.

Ferner, weil $100\,c = 180\,f$
$10\,c = 18\,f$
$5\,c = 9\,f$

das Null des Fahrenheit aber 32° unter dem Null von C liegt, so erhält man $C = (F - 32)\, 5/9$

oder $9/5\, C + 32 = F$.

Desgleichen $80\,r = 180\,f$

$8\,r = 18\,f$

$4\,r = 9\,f$

daher $(F - 32)\, 4/9 = R$

$9/4\, R + 32 = F$

z. B. $F = 86$ giebt $C = 30$, $R = 24$.

Zur schnellen Vergleichung der drei Thermometerscalen dienet Fig. 115.

Für die Anfertigung guter Thermometer bemerke man folgende Vorschriften.

Man wähle dazu gut calibrirte Glasröhren, d. i. solche, worin ein Quecksilbertropfen eingebracht überall gleiche Länge zeigt. An das eine Ende einer solchen Glasröhre bläset man vor der Schmelzlampe eine Kugel von schicklicher Größe, damit die Scale des Thermometers die gehörige Länge erhalte. Um die Größe des Durchmessers der Kugel im voraus überschlagen zu können, dienet die Formel $D = \sqrt[3]{\left(\frac{6ad^2}{4e}\right)}$ wo a den Abstand des Eispuncts vom Siedpunct, d den Durchmesser der Röhre, e die Ausdehnung des Quecksilbers bezeichnen. Wäre z. B. $d = 0{,}01$ Zoll, $a = 10$ Zoll, $e = 0{,}018$, so findet sich $D = 0{,}44$ Zoll.

Ist das Gefäß zubereitet, so schreitet man zum Füllen mit Quecksilber. Vorgängig muß das Glas wohl ausgetrocknet werden, darauf bindet man an das offene Ende der Röhre, welches vor der Lampe zu einer Spitze ausgezogen worden ist, einen Trichter B Fig. 116 von Papier, der etwas mehr Quecksilber fasset als zur Füllung der Kugel und der Röhre des Thermometers nöthig ist. Den Trichter füllet man mit dem reinsten Quecksilber, am besten solchem, welches vorher überdestilliret worden ist, und erwärmt darauf die Kugel A (Fig. 116) über der Flamme einer Lampe oder einem Kohlenfeuer, so stark als das Glas ohne weich zu werden verträgt; zieht man darauf die Kugel von dem Feuer zurück, so tritt, statt der ausgetriebenen Luft Quecksilber in dieselbe. Dieses Quecksilber bring

man allmählich ins Kochen und erhält es eine Zeitlang darin. Durch die Dämpfe des siedenden Quecksilbers wird alle Luft und Feuchtigkeit aus dem Innern der Kugel und der Röhre hinausgetrieben. Zieht man darauf abermals die Kugel vom Feuer zurück, so füllet sich gewöhnlich der ganze Raum der Kugel und Röhre mit Quecksilber; gegentheils muß das Verfahren wiederholet werden. Ist dieß geschehen, so nimmt man den Trichter weg und treibt durch gelindes Erwärmen so viel Quecksilber zur Röhre hinaus, damit nach einer vorgängigen Prüfung der Eispunct an eine schickliche Stelle zu liegen komme; darauf treibt man die Quecksilbersäule abermals durch Erwärmung der Kugel bis zur Oeffnung an die Spitze und schmelzt diese in demselben Augenblicke zu. Jetzt ist das Thermometer im Innern des Quecksilbers und über demselben luftleer. Nun müssen die festen Puncte genau bestimmt und die Scale darnach eingetheilet werden. Die Bestimmung des Eispunct's hat keine Schwierigkeiten, man senkt das Thermometer bis an denselben in schmelzenden Schnee der mit etwas Wasser gemischt ist, und zeichnet den Punct, wenn die Quecksilbersäule nicht mehr sinkt. Den Siedpunct bestimmt man bey dem Normalbarometerstand in einem hohen Gefäß von Blech, in welchem die Kugel A in kochendem Wasser eingetaucht, der übrige Theil der Röhre aber in dem vom Wasser aufsteigenden Dampf eingesenkt erhalten wird. Damit man von den aufsteigenden Dämpfen am Zeichnen des Siedpuncts nicht gehindert werde, leitet man die Dämpfe durch eine seitwärts angebrachte Oeffnung ab, indessen die obere Oeffnung des Gefäßes durch einen hölzernen Deckel geschlossen wird, durch welchen blos die Röhre des Thermometers, so weit es nöthig ist den Siedpunct anzuzeichnen, hervorragt. Hätte man den Abstand ab vom Eis- zum Siedpunct bey einem andern Barometerstand als dem normalen bestimmt, so findet man den verbesserten Abstand ab′ durch das Verhältniß $100 \mp d : 100 = ab : ab'$ wo d den Unterschied zwischen dem normalen und beobachteten Barometerstand bezeichnet.

Sind die festen Puncte bestimmt, so wird die Scale darnach verzeichnet. Wer mit der Kunst durch Flußsäure in Glas zu ätzen umzugehen weiß, zeichnet und ätzt die Theilung am besten auf die Thermometerröhre ein. Sonst kann man auch die Scale auf ein starkes Papier zeichnen, solches cylinderförmig umbiegen und in einen gläsernen Cylinder schieben, den man vorher unten zugeschmolzen hat, und nach eingeschobe-

ner Scale auch oben zuschmelzt. Das Thermometer wird dann so an der Scale befestiget, daß die fixen Puncte der Eintheilung und der Röhre mit einander treffen. Man sehe Fig. 117. Scalen auf Holz oder Messing gezeichnet sind zu gewöhnlichen Beobachtungen auch brauchbar, jedoch muß die Thermometerkugel wenigstens einen Zoll von dem festen Körper der Scale entfernt bleiben.

Es ist nöthig, bey einem Thermometer, das zu sehr genauen Beobachtungen bestimmt ist, von Zeit zu Zeit den Eispunct aufs neue zu prüfen, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß dieser Punct bey alten Thermometern etwas höher zu liegen kommt. Diese sonderbare Erscheinung erkläret sich am befriedigendsten aus dem Druck der Luft auf die Kugel des inwendig luftleeren Thermometers, wodurch der Raum der Kugel mit der Zeit etwas verkleinert wird.

Zu manchen Beobachtungen sind Thermometer mit langen und dünnen cylinderförmigen Gefäßen, denen mit kugelförmigen vorzuziehen. Ein geschickter Glasblaser kann die eine Hälfte einer Kugel, wenn er sie in der Flamme der Lampe stärker erhitzt als die andere, und schnell die Luft einsaugt, durch den Druck der Atmosphäre in die andere Hälfte hineintreiben lassen. Hierdurch entstehen Thermometer mit schaalenförmigen Gefäßen (Fig. 118), welche zu chemischen Versuchen sehr bequem sind.

§. 186.

Da die Luft eine so große und gleichförmige Ausdehnung durch die Wärme hat, so war es natürlich, die Luft selbst als thermometrische Flüssigkeit zu gebrauchen. Da man indessen die Bewegung der Luft, wegen ihrer Durchsichtigkeit nicht wahrnehmen kann, so muß man dieselbe wieder auf eine andere Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, wirken lassen, welches durch die Ausdehnung der Luft entweder in einer horizontalen Röhre fortgeschoben, oder durch die vermehrte Spannkraft der Luft in einer verticalen Röhre angehoben wird. Hierdurch werden die Angaben des Luftthermometers zusammengesetzter Art, und sein Gebrauch

minder bequem. Dieß wird mich entschuldigen, wenn ich mich hier nicht umständlich darüber verbreite.

Ein empfindliches Thermoscop, nach Umständen, das empfindlichste was man bis jetzt kennt, kann auf folgende Art zugerichtet werden.

Man wähle eine 20 — 24 Zoll lange Glasröhre, die 1 — 1½ Linien Durchmesser der Oeffnung hat, blase an beide Enden derselben zwei ungefähr 1 Zoll weite Kugeln a, b, und in einiger Entfernung von denselben zwei kleinere c und d, gebe dann dem Ganzen die Biegung wie Fig. 119 zeigt. Die Kugel a denken wir uns vorerst mit einer offenen Spitze versehen. Bringt man durch die Oeffnung einen Quecksilbertropfen xy mitten in die Röhre cd, und verschliesset darauf die Oeffnung der Kugel a, so hat man ein zu vielen Zwecken sehr brauchbares und empfindliches Luftthermometer. Der Tropfen xy wird sich nach der Seite a, oder b hinbewegen, je nachdem die Spannkraft der Luft durch die Wirkung der Wärme in b oder a größer ist. Die kleinern Kugeln c und d verhindern, daß der Quecksilbertropfen bey großer Ueberwucht von Spannkraft auf der einen oder andern Seite nicht ganz in das Gefäß a oder b getrieben werde, sondern sich in c oder d verweile, bis durch Uebertritt der Luft von einer Kugel zur andern sich die Spannkraft wieder ins Gleichgewicht gesetzt hat.

Dieß ist indessen nicht das oben erwähnte höchst empfindliche Thermoscop. Vielmehr wird dieses auf folgende Art verfertiget. Nachdem das Gefäß, wie beschrieben, zugerichtet worden ist, so treibe man durch Erwärmung einen Theil der Luft heraus, und fülle es dagegen mit höchst gereinigtem Weingeist, oder Schwefelnaphta, lasse die Flüssigkeit nach b tretten, und bringe sie ins Kochen. Sobald

die Dämpfe derselben mit Heftigkeit zur Spitze a heraus fahren, verschliesse man diese hermetisch, und vertheile dann die zurückgebliebene Flüssigkeit in beide Gefäße a und b, und bringe eine kleine Säule derselben xy in die Röhre ed, welches durch Umdrehen des Apparats leicht geschehen kann. Auf diese Weise hat man aus dem innern Raume des Thermoscopes alle Luft hinweggeschaffet, welcher dagegen mit Dämpfen von Weingeist oder Schwefel-Naptha erfüllet ist, die durch die geringste Temperaturänderung auf der einen oder andern Seite der Gefäße a, b den Tropfen xy in Bewegung setzen. Um an den Bewegungen von xy entsprechende Temperaturunterschiede zu finden, bringe man die bewegliche Säule xy durch eine geringe Neigung der Röhre ed, auf eine Seite, z. B. nach d. Nachdem alles zur Ruhe gekommen, und man sich überzeugt hat, daß in a und b gleiche Temperaturen herrschen, tauche man a in eine um wenige Grade kältere, oder b in eine wärmere Flüssigkeit, und bemerke die Größe der Bewegung welche xy annimmt. An einem Exemplar, welches ich vor mir habe, macht ein Grad R den Tropfen xy durch die ganze Länge der Röhre de = 25 Zoll laufen, daher giebt 1/100 Grad noch 1/4 Zoll Bewegung. Man hat diesem Werkzeug den Namen Differentialthermometer beygelegt. Ich habe es früher gekannt und beschrieben als Rumford von dem es den Namen träget.

Die folgende Tafel enthält einige merkwürdige durch das Thermometer beobachtete Temperaturen.

Verzeichniß einiger merkwürdigen Wärmegrade nach der Centesimal- und Reaumürischen Scale.		C.		R.
Nordhäuser Vitriolöhl frieret bey	—	50	—	40
Schwefeläther frieret	—	44	—	35
Quecksilber frieret	—	40	—	32
rauchende Salpetersäure frieret	—	40	—	32
größte Winterkälte (in Gießen beob.)	—	27½	—	22
Burgunderwein frieret	—	7	—	5½
Wasser frieret oder Eis schmilzt.	—	0		0
Baum- und Rüböhl werden zähe	+	3	+	2½
Siedhitzen.				
Schwefeläther siedet bey 28″ Bar. st.	+	39	+	31
Schwefelkohlenstoff siedet	+	45	+	36
Alkohol	+	79		63
Milch siedet	+	99		79
Wasser siedet	+	100	+	80
Therpentinöhl siedet	+	100—150	+	80–102
Vitriolöhl siedet	+	285	+	228
Quecksilber siedet (n. Heinrich)		356		285
— — — — (n. Crichton)		346		277
Blutwärme	+	36	+	29
größte Sommerwärme (zu Gießen im Schatten beobachtet)	+	32½	+	26
Schmelzhitze.				
Butter schmelzt bey	+	30	+	24
Wallrath	+	42½		34
Hammelstalg	+	51		41
Wachs	+	60		48
schwarzes Pech	+	77		61½
Schwefel	—	106		91
Zinn		143		114
Bley		178		142
Zink		234		187
Kupfer		1608		1286
Silber		1653		1322
Gold		1835		1468
Eisen		7577		6062
Platina		8124		6500

Nach Cloud (Transact. of th. Americ. Phil. Society V. I. 1818) stehen die Schmelzhitzen der Metallen im zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Cohäsionskraft und ihrer Dichten.

Von den Gesetzen der Bewegung der freien Wärme und den davon abhängenden Temperaturänderungen.

§. 187.

Nachdem wir die Werkzeuge die Spannkräfte der Wärme zu messen, d. i. die Thermometer kennen, so ist es thunlich, die Gesetze der Bewegungen der freien Wärme näher zu bestimmen. Hier bieten sich Erfahrungen dar, welche uns dreierlei Arten der Fortpflanzung der Wärme zu erkennen geben:

1) durch freie Strahlung;

2) durch Mittheilung von einem Körpertheilchen (Molecul) zum andern;

3) durch Strömungen ungleich erwärmter flüssiger Mittel, welches man das Fortführen der Wärme nennen könnte.

Daß eine freie Strahlung der Wärme, wie des Lichts, Statt finde, dafür sprechen folgende Erfahrungen. Ein empfindliches Thermometer steigt in demselben Augenblick wie es von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Die Wirkung ist so schnell, daß hierbey an keine andere Fortpflanzung der Wärme, als Strahlung, zu denken ist. Eine ähnliche momentane Strahlung findet auch bey der nicht leuchtenden Wärme, obwohl im mindern Grade, Statt. Man nähere sich im Winter einem geheitzten Ofen, so wird man schon in bedeutender Entfernung die Wirkung der strahlenden Wärme empfinden, welches auffallender wird, wenn man einen Schirm von Papier abwechselnd vor das Gesicht

hält und wieder wegzieht. Noch besser belehret uns folgender Versuch Pictet's über die Wirkungen der strahlenden Wärme.

A, B Fig. 120 seyen zwei Brennspiegel so gegen einander über gestellt, daß ihre Axen und ihre Brennpuncte f, F in eine gerade Linie AB fallen. Bringt man in f ein Thermometer (ein empfindliches Luft- oder das Differential-Thermometer eignet sich vorzüglich) und in F einen heißen Körper (eine mit heißem Wasser oder Sand gefüllte oder erhitzte Metallkugel), so wird das Thermometer in f alsbald steigen, und eben so schnell wieder sinken, wenn man zwischen B und F einen die Wärmestrahlen auffangenden Schirm CC hält, wozu ein Blatt Papier hinreicht. Die Strahlung geht nämlich von F aus divergent nach dem Spiegel B, von da parallel mit der Axe nach dem Spiegel A und von hier convergent nach dem Brennpunct f. Eigentlich findet auch eine Strahlung der Wärme von f nach F in verkehrter Ordnung Statt, da aber diese an Intensität sehr viel geringer ist, so setzten wir sie, der einfachern Darstellung wegen, bey Seite. Setzt man in F statt eines heißen Körpers einen sehr kalten, z. B. eine Mischung von Schnee und Salmiak, so fällt das Thermometer in f, und steigt wieder durch den vorgehaltnen Schirm CC. Es erkläret sich alles eben so leicht, wenn man nun die Thermometerkugel als den heißen Körper, von welchem die Strahlung von größerer Intensität ausgeht, betrachtet.

§. 188.

So wie die Beschaffenheit der Oberfläche der Körper einen großen Einfluß auf die Ein- und Durchlassung oder Zurückstrahlung des Lichtes hat, so äussert sie einen

nicht geringern Einfluß auf die strahlende Wärme. Man nehme zwei metallene Becher von völlig gleicher Beschaffenheit, überziehe aber die Oberfläche des einen mit Tusche, oder lasse sie mit Lampenruß anlaufen, fülle dann beide Becher mit warmem Wasser von gleicher Temperatur, bringe in jeden ein empfindliches Thermometer, hänge die Becher neben einander in einem geräumigen Zimmer auf, und beobachte die Erkältungszeiten, während welcher die Thermometer in beiden Bechern gleiche Verminderungen der Temperaturen anzeigen: so wird man die Erkältungszeiten für den aussen geschwärzten Becher bedeutend kleiner finden. Zum Beweiß daß die Wärme durch die schwarze und rauhe Oberfläche leichter ausstrahlet, als durch die metallisch glänzende, welche sie nach innen reflectiret. Dieser Versuch Rumfurd's lässet sich auf mancherlei Weise abändern, führet aber immer darauf hin, daß rauhe, matte und dunkle Oberflächen die Wärme leichter ein- und durchlassen, dagegen glatte und metallisch glänzende sie besser zurückstahlen.

Man belege eine Glastafel zur Hälfte mit Staniol, und halte sie mit der belegten Seite gegen einen heißen Körper, so wird nach einiger Zeit die unbelegte Hälfte von hinten mit dem Finger berühret sich wärmer anfühlen, als die belegte Hälfte. Kehret man aber die Glastafel um und hält die nicht bedeckte Seite nach dem Feuer, so ist die ungleiche Erwärmung gerade die entgegengesetzte von der vorher beobachteten.

Von dieser Eigenschaft der Oberflächen in Beziehung auf die Strahlung der Wärme kann man practischen Nutzen ziehen, je nachdem man in einem Orte die Wärme zurückhalten, oder von da aus verbreiten will. Im ersten Falle soll die Oberfläche glatt und glänzend, im andern rauh und dunkel seyn.

Aus der Wirkung der strahlenden Wärme erkläret sich die

große Erhitzung der Luft über ausgedehnten Sandwüsten und überhaupt die höhere Temperatur der Luft über dem festen Lande, gegen die über dem Meere zur heißen Jahreszeit. Es erkläret sich hieraus die größere Kälte zur Nachtzeit bey heiterem Himmel als bey bedecktem, und, was eine Folge davon ist, der stärkere Thaufall in heitern Nächten als bey trübem Himmel. Desgleichen, warum die leichteste Bedeckung nach Oben, einigen Schutz gegen Kälte gewähret.

§. 189.

Die Menge von Wärme, welche ein Körper in einem gegebenen Zeitmoment ausstrahlet, wird von folgenden Größen abhängen: 1) von dem Temperaturunterschied des Körpers und des umgebenden Mittels; 2) von der Größe der Oberfläche des Körpers; 3) von der Wärme leitenden Kraft, und endlich 4) in so fern man die Strahlung nach einer bestimmten Richtung von einem Element der Oberfläche nach einem andern betrachtet, von dem Sinus des Ausstrahlwinkels.

Aus dem 1ten Satz, daß die in einem gegebenen Zeitelement ausstrahlenden Wärmemengen den Ueberschüssen der Temperatur des heißen Körpers proportional bleiben, folget, daß sich die Erkältungszeiten zweier ungleich heißen Körper, von sonst gleicher Beschaffenheit, in einem umgebenden Mittel von gleichbleibender Temperatur, wie die Unterschiede der Logarithmen, der Temperaturen, der heißen Körper und des umgebenden Mittels verhalten. Desgleichen, daß die in gleichen Zeiten ausstrahlenden Wärmemengen eines allmählig sich erkältenden Körpers, Glieder einer abnehmenden geometrischen Reihe sind. Daher erkältet ein heißer Körper von bedeutendem Umfange immer langsamer, je näher seine Temperatur der des umgebenden Mittels kommt.

Aus dem 3ten Satz folget, daß die Erkältungs- oder Erwärmungszeit ähnlicher Körper z. B. Kugeln von ungleicher Größe, sonst gleicher Beschaffenheit, sich wie die Durchmesser verhalten. Den 4ten Satz haben Fourrier und Poisson aus der Erfahrung abgeleitet, daß die Temperatur innerhalb eines gegebenen Raumes sich gleichförmig verbreitet, die Größe und Begränzung des Raumes mag beschaffen seyn wie sie will. Aus ihm folget wieder, daß ein Körper durch eine ihn umgebende Begränzung, von welcher Gestalt sie sey, eben so viel strahlende Wärme empfängt oder verlieret, als er erhalten oder verlieren würde von einer Kugelfläche, die man sich mit einem Halbmesser von beliebiger Größe = 1 um ihn beschrieben denkt.

Sehr gründliche und belehrende Versuche über die Erkältung der Körper durch Strahlung und Mittheilung der Wärme im leeren Raume und den Gasarten haben Dülong und Petit angestellet. Sie fanden einige Abweichungen von dem oben unter No. 1 angeführten Newtonschen Gesetz, das strenge nur für geringe Temperaturunterschiede gelte. Im leeren Raume, wo blos Strahlung ohne Mittheilung Statt findet, nehmen die Erkältungsgeschwindigkeiten ab, wie die Glieder einer geometrischen Progression, vermindert um eine beständige Größe, wenn die Temperaturüberschüsse eine arithmetische Reihe darstellen. Der Exponent der geometrischen Reihe ist für alle Körper derselbe und 1,0077 für jeden Grad C.

Fourrier und Poisson haben über die Gesetze der strahlenden Wärme, und die daraus folgende Vertheilung der Wärme scharfsinnige mathematische Betrachtungen angestellet, auf welche wir hier nicht eingehen können. Siehe Annales de Chemie et de Phys. 1824. 25. Auch Poggendorfs Annalen 1824. 12. St.

§. 190.

Berühret man einen heißen Körper mit einem kalten, z. B. die erwärmte Kugel eines Thermometers mit dem

flager, so verlieret der heiße Körper schnell von seiner Wärme, und theilet sie dem kälteren mit. Dieß heißet die Fortpflanzung der Wärme durch Mittheilung. Die Größe des Gewinnes und Verlust's zwischen zwei Körpern in einem bestimmten Zeitraum richtet sich nach der Menge der Berührungspuncte, also der Größe der Oberfläche und der Dichte der Körper, zugleich aber auch nach dem eigenen Verhalten der Körper gegen die Wärme, welches wir unter dem Namen der specifischen Wärme näher kennen lernen werden.

Zwei Körper von gleicher Temperatur nach dem Thermometer, aber von sehr ungleicher Dichte, fühlen sich ungleich warm an, der dichtere heißer, der lockere minder heiß.

Verschiedne Körper dem Sonnenlichte ausgesetzt erwärmen sich ungleichmäßig, desto mehr je geringer ihre zurückstrahlende und je größer ihre Wärme einlassende Kraft ist.

Nach Beobachtungen, die man am 5ten Junius 1822 zu Mittag in Plymouth angestellet hat, zeigte ein Quecksilberthermometer

frei im Schatten . . .	84° Fahrenheit
in der Sonne . .	92½° —
an einer Gipswand . .	93°
an Kalkstein . . .	118°
an Schiefer . . .	120°
an Gartenerde . . .	121°

bloß die zuerst genannte Temperatur kann für die Wärme der Luft angesehen werden.

Verschiedne Leitkraft der Körper für die Wärme.

§. 191.

Die verschiedne Fähigkeit der Körper, die Wärme durch ihr Inneres fortzupflanzen, heißt die Leitkraft der Körper für die Wärme. In der Regel sind die dichteren Körper bessere Leiter der Wärme als die lockern; oben an stehen die Metalle, jedoch nicht gerade in der Ordnung ihrer Dichte. Nach Jugenhouß beobachten sie folgende Reihe, Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eisen, Stahl, Bley. Jugenhouß maß die Leitkraft, indem er gleich lange und dicke Metalldräthe mit einer dünnen Wachsschichte überzog, sie dann neben einander an einem Rahmen befestigt gleich tief in heißes Leinöhl tauchte, und untersuchte, wie weit in einer gegebenen Zeit die Wachsschichten an den verschiednen Metallen herausgeschmolzen waren. Andere Naturforscher, wie Richmann, Mayer, Böckmann suchten die Leitkraft der Körper dadurch zu bestimmen, daß sie hohle Kugeln von verschiednen Materien verfertigten, in ihrem Mittelpunct ein Thermometer anbrachten, darauf die erhitzten Kugeln in der Luft erkalten, oder die kalten Kugeln in einem heißen Mittel (Wasser, Quecksilber, Luft) sich erhitzen ließen, und aus dem umgekehrten Verhältniß der Zeiten, worin dieß geschah, auf die Leitkräfte der Körper schlossen. Hier sind die Phänomene zusammengesetzter Art, und hängen, ausser der eigentlichen Leitkraft der Körper, von der strahlenden Eigenschaft ihrer Oberflächen, von der Fortleitungsfähigkeit des umgebenden Mittels, so wie von der specifischen Wärme der Körper ab. Vor allen Dingen muß man hier die Erwärmungs- von der Erkältungsfähigkeit der Körper unterscheiden.

Nach Böckmann ist

	die Erwärmungsfähigkeit	—	Erkältungsfähigkeit	
für Wißmuth	= 1000	—	1000	gesetzt
für Kupfer	1239	—	339	
Eisen	923	—	305	
Sandstein	613	—	794	
Büchenholz	210	—	1188	
Büchenkohle	135	—	1397	

Unter den festen Körpern gehören die Kohle und die Asche zu den schlechtesten Wärmeleitern.

§. 192.

Viel schlechtere Wärmeleiter, als alle festen Körper, sind die Flüssigkeiten und besonders die Gase, wenn man in ihnen die Strömungen, und das dadurch bewirkte Fortführen der Wärme verhindert. Hierüber hat besonders Rumfurd lehrreiche, und für die Anwendung nützliche Untersuchungen geliefert.

Man nehme ein etwas hohes cylindrisches Gefäß von Blech AB Fig. 121, an welchem seitwärts in unterschiedner Höhe zwei Oeffnungen bey C und D angebracht sind, die durch Korkstöpsel, durch welche zwei Thermometer gesteckt sind, verschlossen werden können, fülle die untere Hälfte des Gefäßes bis EF mit kaltem Wasser an, darauf die obere Hälfte mit heißem, welches man sanft ohne Stoß über das kalte gießen muß. Die beiden Thermometer werden, ob sie gleich nur wenige Zolle von der gemeinschaftlichen Grenze des kalten und warmen Wassers entfernt sind, wegen der schlechten Leitkraft des Wassers, viele Stunden lang eine sehr verschiedne Temperatur

Gießet man hingegen das kalte Wasser auf das heiße, so ist in wenigen Minuten, wegen der nun entstehenden Strömungen in dem Wasser, die Temperatur durch das ganze Gefäß nahe gleichförmig verbreitet. Der leere Raum ist ein sehr schlechter Leiter der Wärme; es würde gar keiner seyn, wenn nicht durch ihn eine freie Strahlung der Wärme statt fände, und zwar nach Davy eine drei mahl bessere als durch die Luft.

Noch verdienen hier folgende Versuche erwähnt zu werden, welche vorzüglich geeignet sind, das verschiedne Leitungsvermögen der Körper gegen die Wärme darzuthun. Man erhitze einen Platinalöffel über einer Weingeistlampe bis zum Weißglühen, bringe darauf einen Tropfen Wasser in denselben. Der Wassertropfen nimmt eine rotirende Bewegung an und verzehret sich sehr langsam, wenn man den Platinalöffel stets in lebhaftem Glühen erhält; zieht man diesen aber von der Flamme zurück, so wird der Wassertropfen, nachdem das Metall bis einige Grade über die Siedhitze abgekühlet ist, plötzlich verdunsten. Von diesem längst bekannten Phänomen hat Döbereiner folgende sehr richtige Erklärung gegeben. Die strahlende Wärme des glühenden Metalls entwickelt Wasserdämpfe aus dem Tropfen, welche diesen als eine die Wärme schlecht leitende Atmosphäre umgeben, und ihn vor der Berührung des heißen Metalles schützen. Ist aber dieß so weit abgekühlet, daß jene Strahlung nicht mehr stark genug ist, um viel Wasserdampf zu entbinden, so tritt die Berührung des Tropfens mit dem heißen Metall, und die schnelle Verdunstung über der ganzen berührenden Oberfläche, ein. Ein Versuch Rumfords erläutert das verschiedne Vermögen der Körper die Wärme zu leiten auf andere Weise. Ein Wassertropfen, auf einen blanken silbernen Kaffelöffel über die Flamme eines Lichts gehalten, verdunstet durch Mittheilung der Wärme von dem heißen Metall bald. Lässet man aber die innere Fläche des silbernen Löffels mit Ruß anlaufen, und bringt vorsichtig den Wassertropfen auf die dünne Rußschichte, so ist man nicht im Stande den Löffel so lange über der Flamme zu halten, bis der Tropfen verdunstet ist. Der Löffel wird zu heiß, und der Tropfen ist durch die schlechte Leitung der Rußschichte geschützt.

Die Heitzung unsrer Zimmer durch die gewöhnlichen Ein-

heißsten beruht vorzüglich auf den Strömungen der heißen Luft, welche an der Oberfläche des Ofens in die Höhe steiget, und durch kalte von unten her wieder ersetzt wird. Bey den Kaminen, in welchen das Feuer offen brennt, ist es dagegen größtentheils nur die freie Strahlung der Wärme, wodurch sich die Luft erhitzt. Je schneller und vollständiger die Strömungen der Luft vor sich gehen, desto besser und gleichförmiger fället die Erwärmung aus, daher die von Meißner vorgeschlagene und mit Vortheil ausgeführte Heitzung der Zimmer durch erwärmte Luft alle Berücksichtigung verdienet. Das Wesentliche dieser Einrichtung beruht darauf, daß Luft von aussen in ein tief liegendes Gewölbe geführet und hier stark erhitzt und ausgedehnt wird, wodurch sie ein Bestreben erhält, in verschlossenen Kanälen, von schlechten Leitern der Wärme erbauet, in die Höhe zu steigen. Von hieraus verbreitet sie sich seitswärts in die obern Räume der Zimmer und verdrängt durch ihre Spannkraft, die darin befindliche kältere Luft, welche durch besondere unten angebrachte Oeffnungen entweder nach aussen entweicht, oder besser durch einen nach unten gehenden Kanal dem Ofen als Zugluft zugeführet werden kann. Durch die letztere Einrichtung wird den Zimmern nicht bloß warme, sondern auch frische Luft zugeführet, und die verdorbene entweicht, nachdem sie ihre Dienste als Zugluft in dem Ofen geleistet hat, durch den Rauchfang. (Meißners Heitzung mit erwärmter Luft, 2te Ausgabe Wien 1824.)

Nützliche Anwendungen von dem verschiedenen Leitungsvermögen der Körper für die Wärme sind folgende.

Räume, in welchen man eine große Hitze erzeugen, oder eine gewisse Wärme lange aufbewahren will, muß man mit schlechten Leitern der Wärme umgeben.

Daher sind die Schmelzöfen, die Feuerheerde mit einer doppelten Wand, die eine Luftschichte zwischen sich einschliesset, oder eine Schichte von lockerer Asche oder Kohle, sehr zweckmäßig. Daher bedecke man die Kochgefäße, nach Rumfurds Vorschlag, mit Deckeln die doppelte Böden haben, und deren Zwischenraum mit heißen Wasser angefüllet ist.

Eben das gilt für Gefäße, in welchen man Getränke lange warm aufbewahren will. Doppelte Fenster, doppelte Stubenthüren, desgleichen die Bekleidung der Wände durch Papier erhalten die Wärme in den Zimmern. Unsre Kleider halten warm durch die zwischen ihnen und der Haut stagnirende Luftschichte; wollene Kleider wärmer als baumwollene, diese wär-

mer als leinene im umgekehrten Verhältnisse ihrer wärmeleitenden Kraft. Weite Kleider sind wärmer, als anschliessende.

Was die Wärme zurückhält verhindert auch ihr Eindringen, daher die Eiskeller nach ähnlichen Grundsätzen gebauet werden müssen als Räume, worin man die Wärme einschliessen will.

Von der Wechselwirkung der Körper und der Wärme auf einander, und der specifischen Wärme der Körper.

§. 193.

So wie die Wärme sich als eine ausdehnende Kraft in den Körpern äussert, so wirkt auch die Anziehung der körperlichen Theilchen jener Kraft entgegen, und modificiret sie auf mannigfache Weise. Man würde daher sehr irren, wenn man aus einer gleichen Temperatur zweier verschiedenartigen Körper auf eine gleiche Wärmemenge in ihnen schliessen wollte. Ueberhaupt steht uns bis jetzt kein Mittel zu Gebot, die absolute Menge der Wärme, welche in einem Körper enthalten ist, zu bestimmen. Wohl aber können wir die Verhältnisse der Wärmemengen gegen einander angeben, welche erforderlich sind, in verschiednen Körpern gleiche Temperaturunterschiede zu bewirken. Diese Verhältnißzahlen, wobey man einen gewissen Körper (das Wasser) zur Einheit angenommen hat, heißen die specifischen Wärmen der Körper, oder auch die Capacitäten der Körper für die Wärme. Black, Crawfurd, Wilke sind die Naturforscher, welchen wir die erste Begründung dieser Lehre verdanken. Sie bedienten sich zur Bestimmung der specifischen Wärmen der Mischungen.

Mischet man zwei gleichartige Körper, Wasser und Wasser, Quecksilber und Quecksilber, von verschiednen Temperaturen, mit einander, so lässet sich nach dem Grundsatz, daß in solchen Mischungen Gewinn und Verlust an Wärme einander gleich seyn müssen, die Temperatur der Mischung berechnen. Z. B. 1 Pfund Wasser von 100°, gemischt mit 1 Pfund Wasser von 20°, werden die Temperatur der Mischung $= \frac{100 + 20}{2} = 60°$ geben; und 1 Pfund Wasser von 100° mit 3 Pfund Wasser von 10° gemischt geben $\frac{1 \cdot 100 + 3 \cdot 10}{4} = 32\frac{1}{2}°$ als Temperatur der Mischung. Dieß stimmt auch mit der Erfahrung überein, in so fern man auf den Einfluß der Gefäße, und den Verlust nach aussen gehörige Rücksicht nimmt. Den Einfluß der Gefäße kann man beseitigen, wenn man den Gefäßen im Voraus die Temperatur giebt, welche die Mischung erhalten wird. Der Verlust nach aussen lässet sich berechnen, aus der beobachteten Mischungszeit und dem Verlust an Wärme in der darauf folgenden gleichen Zeit.

Mischet man nun mit 1 Pfund Wasser von 100°, 1 Pfund Oehl von 20°, und es findet sich die beobachtete Temperatur der Mischung nach der nöthigen Verbesserung nicht 60°, sondern $73\frac{1}{3}°$: so muß man schliessen, daß die $26\frac{2}{3}°$ Wärme, die das Wasser verloren hat, in dem Oehl $2 \times 26\frac{2}{3}° = 53\frac{1}{3}°$ Temperaturerhöhung hervorgebracht haben. Es gilt also jeder Grad Wärme in dem Wasser für 2 Grad Wärme in dem Oehl; oder die specifische Wärme des Leinöhls ist $= \frac{1}{2}$, wenn die des Wassers $= 1$ gesetzt wird.

Da es schwer hält, bey der Mischung heterogener Körper solche auszuwählen, die gar nicht chemisch auf einander wirken,

und auch ihre Capacität durch die Mischung nicht verändern (man sehe [weiter unten] was von der Veränderung der Capacitäten mit den Temperaturen vorkommt), so beschränkt sich das Verfahren, die specifischen Wärmen der Körper durch Mischungen zu finden, auf flüssige, und solche feste Körper, die man in Pulvergestalt mit flüssigen mengen kann, ohne eine chemische Einwirkung herbeyzuführen.

§. 194.

Nachdem man durch die Erfahrung den Satz festgestellet hatte, daß überall, wo Eis schmelzt und sich in Wasser verwandelt, ein bestimmter Aufwand von Wärme nöthig ist, um die Flüssigkeit zu bewirken, welche Wärme für das Gefühl und das Thermometer verloren geht: so kamen Lavoisier und La Place auf den sinnreichen Gedanken, die specifischen Wärmen der Körper durch die Eismengen zu messen, welche sie durch eine gewisse Temperaturerniedrigung zu schmelzen im Stande sind. Denn so wie nach Wilke's Beobachtungen 1 Pfund Wasser von 60° R (= 75° C) 1 Pfund Eis schmilzt und damit die Temperatur 0° erzeugt, so kann man schliessen, wenn ein gleiches Gewicht irgend eines andern Körpers durch eine Temperaturerniedrigung von 60° R 2, 3, 4 Pfund Eis schmelzet, daß die specifische Wärme dieses Körpers auch 2, 3, 4 mahl größer seyn müsse, als die specifische Wärme des Wassers. Der Apparat, dessen sich die beiden Naturforscher bedienten, heißt Calorimeter.

Man denke sich unter C, C, C Fig. 122 einen überall mit zerstossenem Eis umschlossenen Raum, der jedoch auch leicht geöffnet werden kann, um einen heissen Körper A innerhalb einer Art Käfigt von Drath aufzunehmen. Das den Raum umgebende Eis befindet sich in einem trichterförmigen Behälter, der nach aussen von Blech, nach innen aus ei-

nem Drathgeflechte besteht. Unten bey D hat der Behälter einen mit einem Hahnen versehenen Abfluß nach dem Gefäß B. Rund um den ersten Behälter geht eine zweite Eisschichte DDDD, die aber mit der ersten in keiner Verbindung steht, und nur dazu dienet, den Einfluß der äussern Wärme abzuhalten. Bringt man in den innern Raum einen heißen Körper A, von bekannter Temperatur und Masse, und lässet ihn bis zur Temperatur des umgebenden Raums d. i. auf 0° erkälten, so kann man aus der Menge des durch den Körper geschmolzenen Eises auf seine specifische Wärme schliessen. Denn, es heiße jene Menge in Pfunden Wasser = p, die Masse, Temperatur und specifische Wärme des heißen Körpers = m, t, s, so erhält man die Gleichung,

$$mts = 60p$$

oder $$s = \frac{60p}{mt}$$

Die folgende Tafel enthält die Resultate der Versuche von Lavoisier und La Place.

Namen der Körper	specifische Wärme.
Wasser	1,00000
Eisenblech	0,11051
Glas	0,19290
Quecksilber	0,02900
rothes Quecksilberoxyd . . .	0,05011
Blei	0,02819
Bleioxyd	0,06227
Zinn	0,04754
Schwefel	0,20850
Baumöhl	0,30961
gebrannter Kalk	0,21689
Mischung von Wasser . . .	
Kalk (9 : 16)	0,43912
Schwefelsäure (1,87 spec. Gew.) .	0,3346
Salpetersäure (1,298 spec. Gew.) .	0,66139

§. 194.

Die Bestimmung der specifischen Wärme der Gasarten hat ihre eigne Schwierigkeiten, wegen der geringen Masse die sie darbieten.

Laroche und Berard verfuhren dabey auf folgende Weise. Sie führten einen gleichförmigen Strom des zu prüfenden Gases von 100° C Temperatur aus einem Gasometer durch ein kupfernes Schlangenrohr in eine bestimmte Menge Wasser von bekannter, aber niedriger, Temperatur, das in einem kupfernen Gefäße enthalten war. Die Temperatur des Wassers mußte so lange steigen, bis es eben so viel Wärme an die umgebende Luft verlor, als es in gleicher Zeit von dem heißen Gasstrom erhielt. Da nun die Wärmeverluste den Temperaturunterschieden des Wassers und der umgebenden Luft proportional sind, so mußten auch die Wärme-Zuflüsse, und somit die specifischen Wärmen der Gasströme von gleichen Temperaturen, jenen Temperaturunterschieden proportional seyn. Die folgenden Zahlen geben die specifischen Wärmen der untersuchten Gasarten in Beziehung auf die atmosphärische Luft, welche hierbey zur Einheit angenommen worden ist.

	Specifische Wärme bey gleichem Raum	gleichem Gewicht
atmosphärische Luft	1,0000	1,0000
Wasserstoffgas	0,9033	12,3401
Kohlensaures Gas	1,2583	0,8280
Sauerstoffgas	0,9765	0,8848
Stickgas	1,0000	1,0318
oxydirtes Stickgas	1,3503	0,8878
Oehlerzeugendes Gas	1,5530	1,5763
Kohlenoxydgas	1,0340	1,0805
Wasserdampf	1,960	3,1360
In Beziehung auf Wasser		1,0000
atmosphärische Luft		0,2669

Multiplicirt man mit der letzten Zahl alle vorstehende derselben Reihe, so erhält man die specifischen Wärmen der Gasarten in Beziehung auf das Wasser.

Die nachstehenden Zahlen geben die specifischen Wärmen einiger Flüssigkeiten aus ihren Erkältungszeiten geschlossen nach Despretz (Annales de Chemie T. XXIV.).

Wasser	1,0000 spec. Wärme
Alkohol	0,622
Therpentinöhl	0,463
Schwefeläther	0,4205

§. 195.

Wenn die Capacität eines Körpers oder seine specifische Wärme vermindert wird, so muß sich seine Temperatur erhöhen, und zwar von dem absoluten Null an gerechnet (wenn dieß zu bestimmen möglich wäre), in dem umgekehrten Verhältnisse der Capacitätsänderung. Es heiße z. B. die unbekannte Wärme des Wassers vom relativen Null bis zum absoluten Null $= x$, die specifische Wärme eines andern Körpers $= s$, also dessen Wärme $= sx$ und es gieng Wasser in diese Körper über, so würde die frei werdende Wärme oder die Erhöhung der Temperatur $= (1 - S)\,x$ seyn.

Hieraus erkläret sich die starke Erhitzung mancher chemischen Verbindungen. Wenn man zum Beyspiel wenig Wasser mit sehr concentrirter Vitriolsäure, oder frisch gebranntem Kalk vermischt, so muß das Wasser durch die starke Anziehung zu diesen Körpern, indem es sich chemisch mit ihnen verbindet, ihre Natur annehmen; daher geht die specifische Wärme des Wassers aus 1 in 0,3346 als der specifischen Wärme der Schwefelsäure oder in 0,21689 als der specifischen Wärme des gebrannten Kalks über, und es würde die im letztern Fall frei werdende Wärme für jedes Atom Wasser 0,78311 x betragen. Setzt man nun mit

Wilke und einigen ältern Naturforschern x = 750° C (*), so erhellet, daß hierdurch eine sehr große Temperaturerhöhung bewirkt werden könne.

(*) Die Annahme, daß x = 750° C sey, gründet sich auf die Erfahrung von Wilke, daß beym Uebergang des Eises in Wasser 60° R = 75° C verschwinden, und daß die specifische Wärme des Eises = 0,9 des Wassers sey. Es ist aber gegen diese Angabe manches einzuwenden, besonders, daß es höchst unwahrscheinlich sey, anzunehmen, das Verhältniß der specifischen Wärme eines Körpers bleibe durch alle Temperaturgrade bis zum absoluten Null unveränderlich.

§. 196.

Nicht allein durch chemische Anziehungen, sondern auch durch mechanisch wirkende Kräfte kann eine so bedeutende Verminderung der Capacität der Körper für die Wärme herbeygeführet werden, daß dadurch eine große Temperaturerhöhung bewirkt werden kann. Hierher möchte die Entwickelung jeder Wärme durch's Reiben, oder Hämmern fester Körper, vorzüglich aber die durch die Compression der Gasarten erregte Wärme zu zählen seyn. Dieß durch Versuche zu erläutern, dienet der folgende Apparat.

Es bezeichne A Fig. 123 einen starken Ballon von Glas, von ungefähr 200 Cubikzoll Raum, der mit einer messingnen Fassung und Hahnen versehen ist, und sich auf die Luftpumpe schrauben lässet; im Innern ist ein empfindliches Thermometer t befestiget. Unten bey b befindet sich ein zweiter Hahn, welcher mit einer Blaseöffnung versehen ist. B ist ein mit dem Raume des Ballons in Verbindung stehender, mit Quecksilber gefüllter Elasticitätsmesser, c ein dritter Hahn, welcher zum Innern der Luftpumpe führet, und nach Willkühr abgeschlossen werden kann. Oeffnet man die Hahnen c und a, schliesset b, und verdichtet die Luft in dem Ballon A, so steigt das Quecksilber im Elasticitätsmesser schnell zur Höhe ef, und das Thermometer t in dem Ballon um mehrere Grade. Schliesset man den Hahn c, so sinkt das Quecksilber im Elasticitätsmesser langsam von f bis g herab, indem das Thermometer t wieder zur Temperatur der umgebenden Luft kommt. Z. B. bey einem Versuch stieg der Elasticitätsmesser während

der Verdichtung auf 20 Zoll 6 Linien (Barometerstand 27″ . 9‴) und sank, nach geschlossenen Hahn um 10 Linien herab. Die Veränderung des Thermometers t betrug 5° C, welches der Vermehrung der Spannkraft der Luft entspricht. Hat man die Luft in A verdichtet, den Hahn c geschlossen, und es ist alles ins Gleichgewicht gekommen und man öffnet dann den Hahn b, so sinken während des Ausströmens der Luft die Quecksilbersäule des Elasticitätsmessers und das Thermometer t. Schliesset man den Hahn b, so steiget der Elasticitätsmesser schnell bis zu einer gewissen Höhe, und darauf langsam noch etwas weiter, während das Thermometer t sich mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht setzt. Z. B. bey einem Versuch zeigte der Elasticitätsmesser während des Ausblasens in dem Augenblick wo der Hahn b wieder geschlossen wurde 14″ . 11‴ (Barometerstand 27″ 7‴). Das Thermometer t war um 2½° C herabgesunken. Nach geschlossenem Hahn stieg der Elasticitätsmesser schnell zu 16″ . 1,1‴ und darauf langsam bis 16″ 6,6‴. Man vergleiche hiermit was über die Gesetze des Ausströmens der Gase in der Aerostatik §. 110 vorgetragen worden ist.

Die Wärmeentbindung bey der Compression der Luft, so wie die Erzeugung von Kälte durch die Ausdehnung derselben müssen desto bedeutender ausfallen, je grösser diese Zustandsänderungen sind, und je schneller sie erfolgen. Dieß beweist die große Erhitzung, welche in dem Kolben einer Windbüchse bey schnellem Laden entsteht, und die bis zur Entzündung des Feuerschwamms gehende Erhitzung der Luft in den Compressionsfeuerzeugen. Beyspiele von erzeugter Kälte durch Ausdehnung geben die kühlenden Winde bey heißer Luft. Erwärmungen durch Verdichtungen tropfbarer Flüssigkeiten lassen sich nicht so leicht beobachten, wenn anders nicht die von Pouillet wahrgenommne Erwärmung fester Körper, wenn sie von flüssigen durch die Adhäsionskraft benetzt werden, hierher zu rechnen ist, so wie die bey der Krystallisirung der Salze frei werdende Wärme.

Ob man gleich aus der Veränderung der specifischen Wärmen der Körper viele Temperaturerhöhungen erkläret hat, so reichen sie keinesweges hin, alle bey chemischen Verbindungen sich entwickelnde Wärme davon herzuleiten. Ein auffallendes Beyspiel der Art liefert uns die Verbrennung des Sauerstoff's mit dem Wasserstoff und die Erzeugung des Wassers, wobey, wie wir wissen, eine der intensivesten Hitzen hervorgebracht wird. Nun verbin-

den sich hierbey dem Gewicht nach 1 Theil Wasserstoff mit 7,6 Sauerstoff und die specifische Wärme des ersten ist 3,2948, des andern 0,2364 in Beziehung auf das Wasser. Es müssen also durch Umänderungen der specifischen Wärmen aus dem Wasserstoff (3,2048 — 1) Theile Wärme frei, dagegen durch den Sauerstoff 7,6 (1 — 0,23624) Theile Wärme verschluckt werden. Da nun die letzte Zahl größer als die erste ist, so müßte Kälte erzeuget werden, ganz gegen die Erfahrung. Dieß beweiset, daß bey so innigen chemischen Verbindungen, wie die der genannten Gasarten zu Wasser ist, Wärme erzeuget werden müsse, die vorher als solche nicht existirte, deren Verhältniß als specifische Wärme in den Gasarten, also auch nicht durch Versuche, wie die oben §. 194 angeführten, ausgemittelt werden kann? Will man sie chemisch gebundne Wärme der Gasarten nennen, so ist hiergegen nichts einzuwenden. Wodurch wird aber jene Wärme so plötzlich frei? Ist es die Formänderung und Verdichtung der Gasarten zu Wasser, oder die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, wodurch die chemischen Verbindungen selbst bestimmt werden? Gegen die erste Vorstellungsart hat man eingewendet, daß durch das Verbrennen der beiden Gasarten nicht sowohl Wasser als Wasserdampf gebildet werde, der in einem expandirtern Zustande, als die beiden Gasarten selbst sey. Gegen diesen Einwurf möchte indessen zu erwidern seyn, daß der Bildung von Wasserdampf die Erzeugung von Wärme und Wasser vorausgehe, obgleich in so kleinen auf einander folgenden Zeitmomenten, welche von uns nicht wahrgenommen werden können. Auch müssen wir uns diejenige Wärme, welche das Wasser zu Dampf expandiret, in einem viel geringern Grade gebunden denken, als diejenigen, welche den Luftarten ihre Gasform giebt, da die Dämpfe sich bey jeder Dichte theilweise zersetzen, wenn sie unter die zu dieser Dichte gehörige Temperatur erkältet werden, dagegen die Gasarten, auch nach Faradays Entdeckung, sehr niedrige Temperaturen und einen sehr großen Grad der Verdichtung erfordern, wenn sie ihre Gasform verlieren sollen.

§. 197.

Wir haben bereits erwähnt, daß die Capacitäten der Körper für die Wärme sich selbst mit den Temperaturen verändern möchten. Dieß haben wenigstens für einige

Körper Dulong und Petit durch Versuche nachgewiesen. Sie fanden

die Capacitäten der Wärme

für	von 0° — 100° C	von 0° — 300° C
Eisen	0,1098	0,1218
Quecksilber	0,0330	0,0350
Zink	0,0927	0,1015
Spiesglas	0,0507	0,0549
Silber	0,0559	0,0611
Kupfer	0,0949	0,1013
Glas	0,1771	0,190

Dieß deutet darauf hin, daß die Capacitäten der Körper für die Wärme mit ihrer Ausdehnung wachsen.

Noch wollen jene Naturforscher das Gesetz aufgefunden haben, daß die specifischen Wärmen der Körper, wenigstens nahe in dem umgekehrten Verhältnisse ihrer Atomengewichte stehen, oder die Produkte aus beiden Zahlen eine beständige Größe geben, wie die folgende Tafel übersehen lässet.

Körper	Atomengewicht A	specif. Wärme S	Produkt A S
Wismuth	13,30	0,0288	0,383
Blei	12,95	0,0293	0,3794
Gold	12,43	0,0298	0,3704
Platina	11,16	0,0314	0,374
Silber	6,75	0,0557	0,3759
Kupfer	3,957	0,0943	0,3755
Eisen	3,392	0,1100	0,3730
Schwefel	2,011	0,1880	0,3780

Die Uebereinstimmung der Zahlen der letzten Columne ist auffallend, da indessen die hier angeführten Atomengewichte von den Angaben anderer Naturforscher zum Theil abweichen, so möchte das aufgestellte Gesetz einer weitern Prüfung bedürfen.

Formänderungen der Körper und damit verknüpfte Wärme-Erscheinungen.

§. 198.

Wenn ein fester Körper flüssig, oder ein tropfbar flüssiger

elastisch flüssig wird, so ist dazu eine gewisse Menge Wärme erforderlich, die, so lange sie diese Wirkung hervorbringt, keine andere auf das Gefühl und das Thermometer äussert. Man hat sie ganz schicklich Flüssigkeitswärme, gebundne Wärme genannt. Ist die Formänderung der Körper die umgekehrte, d. i. wird ein elastischer Körper flüssig, oder ein flüssiger fest, so wird jene latente Wärme wieder frei, und äussert sich durch Temperaturerhöhung, wenn sie nicht durch andere Verbindungen aufs neue latent wird.

Versuche zur Erläuterung des latent Werdens der Wärme durch Formänderungen sind folgende.

Man mische in einem vorher auf die Temperatur der Eiskälte gebrachten Gefäße gleiche Theile Wasser von 75° C und zerstossenes Eis schnell mit einander, in dem das Eis schmelzt sinkt die Temperatur auf 0°. Dieß ist der schon oben angeführte Versuch von Wilke. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich, wenn man bey starker Kälte gefrornes Quecksilber in wärmerm flüssigen schmelzen lässet. Man will dabey die durch das Schmelzen des Quecksilbers latent werdende Wärme nahe eben so groß, als die bey dem Schmelzen des Eises gefunden haben.

Beyspiele von starker Erkältung durch Bindung der Wärme geben die leicht löslichen Salze im Wasser. Hierauf beruhen die Kälte erzeugenden Mischungen, wovon das folgende Beyspiele sind.

Mischungen dem Gewicht nach	das Thermometer fället von	auf
3 Salmiak 5 Salpeter 16 Wasser	+ 10° R	— 10° R
6 Glaubersalz 2 verdünnte Salpetersäure	+ 10°	— 12°
5 Glaubersalz 5 verdünnte Schwefelsäure	+ 10°	— 13°
1 Schnee 1 Kochsalz . . .	0°	— 14°
3 salzsaurer Kalk 2 Schnee .	0°	— 36°
4 Kali 3 Schnee . . .	0°	— 37°

Vorzüglich belehrend sind folgende Versuche: 2 Theile zerfallenes trocknes Glaubersalz mit 1 Theil Wasser erzeugen Wärme, indem das Wasser als Krystallwasser fest wird. Krystallisirtes Glaubersalz in Wasser aufgelöset erzeugt Kälte.

Verdünnte Schwefelsäure mit Schnee giebt eine starke Kälte, concentrirte mit Wasser eine starke Erhitzung. Die größte Kälte bey der Auflösung eines Salzes findet dann statt, wenn man soviel Salz mit der Flüssigkeit mischet, als sich in dieser schnell auflösen kann. Je kälter die zu mischenden Ingredienzien vor der Mischung sind, desto besser ist es. Das bequemste Mittel, eine sehr starke Kälte hervorzubringen, ist: wenn man durch's Glühen wohlgetrockneten und pulverisirten salzsauren Kalk mit möglichst kaltem trocknen Schnee schichtenweise vermengt, und zu den Gefäßen, worin die Mischung vorgenommen wird, schlechte Leiter der Wärme wählet.

§. 199.

Eine noch größere Bindung und Entbindung der Wärme tritt ein, wenn flüssige oder feste Körper in die Gasform übergehen, oder aus dieser in jene zurückkehren. Beyspiele liefern die künstliche Kälteerzeugungen durch schnell verdunstende Flüssigkeiten, so wie die Wärmeentwickelungen bey den plötzlichen Verdichtungen der Gasarten.

Man umwinde die Kugel eines empfindlichen Thermometers mit etwas Baumwolle, gieße Schwefelnaphta darauf, und blase mit einem Blasebalg dagegen; das Thermometer sinkt, so lange die Verdunstung dauert, schnell, bey gehöriger Fortsetzung des Versuchs weit unter den Frierpunct. Man hat auf diese Weise selbst das Quecksilber zum Gefrieren gebracht. Der Versuch gelinget noch besser, wenn man die, wie vorhin beschrieben, zugerichtete Kugel des Thermometers in einen kleinen Recipienten der Luftpumpe befestiget, darunter eine Schaale mit concentrirter Schwefelsäure stellet, und nun schnell die Luft wegpumpt. Der hinweggenommene Luftdruck, und die Anziehkraft der Schwefelsäure gegen die sich bildenden Dämpfe befördern die Schnelligkeit des Verdünstens, und somit die erzeugte Kälte. Configliachi zu Pavia hat auf die Weise eine Temperaturerniedrigung von $+ 21\frac{1}{4}°$ bis $- 51\frac{1}{4}°$ C hervorgebracht. Diese hohen Grade der Kälte können nur durch Weingeistthermometer gemessen werden.

Wollastons Chryophor beruht ebenfalls auf der schnellen Verdünstung des Wassers im luftleeren Raume, indessen die

aufsteigenden Dämpfe in einem abgesonderten Theile dieses Raumes durch Kälte von aussen stets verdichtet werden.

Ein Beyspiel von Wärmeentbindung der gasartigen Flüssigkeiten giebt folgender Versuch. Man leite die Röhre einer Dampfblase-Maschine (Aelopile) ACDE Fig. 124 in ein mit kaltem Wasser oder zerstossenem Eis angefülltes Gefäß; der untere Theil der Röhre bey E endige sich in Form eines Gießkanneknopfes mit vielen Oeffnungen. Bringt man das Wasser der Aelopile zum Kochen, so strömen die Dämpfe durch die Verbindungsröhre CDE in das kalte Wasser, zersetzen sich daselbst (werden Wasser) und lassen ihre latente Wärme frei. So lange Eis mit dem kalten Wasser gemischt ist, verschwinden die Dämpfe, indem sie das Eis schmelzen, ohne eine Temperaturerhöhung in dem Wasser hervorzubringen, weil die aus den Dämpfen frei werdende Wärme durch das schmelzende Eis gleich wieder gebunden wird. Ist alles Eis geschmolzen, so fängt die Temperaturerhöhung in dem Wasser des Gefäßes B an, und steiget bis zur Siedhitze, so daß zuletzt alles Wasser des Gefäßes B eben so in das Kochen kommt, als wenn es unmittelbar von dem Feuer getroffen würde.

Der beschriebene Versuch dienet auch, unter der gehörigen Vorsicht angestellet, zur Messung der latenten Wärme des Dampfes. Man muß die Menge des durch eine bestimmte Quantität Dampf geschmolzenen Eises, oder die in dem Wasser hervorgebrachte Temperaturerhöhung genau beobachten, dabey das Ausstrahlen der Wärme durch Umgebung mit schlechten Wärmeleitern möglichst vermindern, und den nicht zu vermeidenden Verlust gehörig in Rechnung nehmen.

Die Versuche von Despretz (Annales de Chemie T. XXIV) über die latente Hitze einiger Dämpfe gaben folgende Resultate.

Dämpfe des	Dichte, die Luft = 1	latente Wärme	gesammte Wärme	Siedpunct.
Wassers	0,6235	531° C	631° C	100° C
Alkohols	1,613	331,9	410,7	78,8
Schwefeläthers	2,586	174,9	210	35,1
Therpentinöhls	5,010	166,2	333	156,8

Wie die Dichte eines Dampfes gefunden werden kann, soll unten erläutert werden. Die latente Wärme zeiget an, wie viel eine gleiche Menge Flüssigkeit, aus welcher der Dampf gebildet worden ist, durch Zersetzung desselben von 0° an gerechnet

erhitzet werden können. Die gesammte Wärme erhält man durch Addition der Siedhitze zur latenten Wärme.

Hieraus wird klar, warum man durch die Zersetzung des Wasserdampfes, anderes Wasser bis zum Sieden erhitzen, Speisen kochen, Zimmer heitzen, überhaupt Wirkungen wie mit dem Feuer selbst, hervorbringen könne.

Wer indessen glaubt, daß die aus den Dämpfen frei werdende Wärme, die aus dem Feuer unmittelbar entwickelte noch übertreffen könne, täuschet sich.

Der große Vortheil, welchen die Kunst aus der Heitzung mit Dämpfen ziehen kann, und gezogen hat, besteht darin: 1) daß man die Quelle des Feuers weit von dem Ort entfernt halten kann, wo eigentlich die Hitze wirken soll, und 2) daß man die im Dampf verborgne Wärme überall hinleiten kann, ohne Feuersgefahr zu befürchten, und endlich 3) daß man in großen technischen Anlagen, Brauereien, Färbereien u. dergl. wo ohnehin eine Menge Wasser zum Sieden erhitzt werden muß, die sonst ungenutzt verloren gehende Wärme der Dämpfe vortheilhaft benutzen kann.

Siehe Dingler über die Heitzung mit Dämpfen.

Theorie des Verdünstens.

§. 200.

Jedermann weiß, daß Wasser, Weingeist, und ähnliche Flüssigkeiten in offenen Gefäßen der Luft ausgesetzt sich verflüchtigen, und als ein unsichtbarer Dunst entweichen. Ehedem glaubte man diese Erscheinung sey eine Auflösung der Flüssigkeiten in der Luft. Diese Meinung mußte man aufgeben, nachdem man sich überzeuget hatte, daß erstens der Proceß des Verdünstens im luftleeren Raume schneller und ungehinderter als in der Luft vor sich gehe; zweitens die Spannkraft blos von der Temperatur und der Beschaffenheit der verdünstenden Flüssigkeit, keines-

wegs von der Gegenwart oder Abwesenheit der Luft abhängig sind. In dem luftleeren Raume des Barometers zeigen, bey gleicher Temperatur, die Dämpfe einer verdünstenden Flüssigkeit eben so viel Spannkraft als unter dem Druck der Atmosphäre.

Ich finde den nachbeschriebenen Apparat vorzüglich bequem, um sowohl die Spannkraft der Dämpfe im luftleeren als im luftvollen Raume zu beobachten.

AABCD Fig. 125 ist ein Gefäßbarometer mit einer etwas großen Kugel AA, welche oben mit einer Oeffnung versehen ist, die durch einen Propfen, durch welchen die Röhre eines feinen Thermometers gesteckt ist, luftdicht verschlossen werden kann. Will man die Spannkraft der Dämpfe im leeren Raume messen, so gießet man von der zu verdampfenden Flüssigkeit über den Quecksilberspiegel AA, und bringt durch vorsichtiges Erwärmen der Kugel die Flüssigkeit über dem Quecksilber zum Kochen. Hat dieß lebhaft eine Zeitlang gedauert, so verschliesset man die Kugel luftdicht. So wie die Temperatur in dem Raume AA abnimmt, sinkt die Quecksilbersäule von E an herunter, bis sie in einer Höhe AC stehen bleibt, die der herrschenden Temperatur entspricht. (Bey der Messung dieser Höhe muß man auf die Depression des Quecksilbers in der engern Röhre gehörig Rücksicht nehmen, sie wird am besten durch einen vorgängigen Versuch bestimmt.) Begnüget man sich die Temperaturen in dem Raume AA durch ein ausserhalb desselben beobachtetes Thermometer zu messen, so kann man die Kugel, sobald sie luftleer geworden ist, hermetisch verschliessen. Dann erhält man einen Apparat, der andauernd zur Beobachtung der Spannkräfte der Dämpfe gebraucht werden kann; wir wollen ihn einen Dampfmesser nennen. Solche Dampfmesser habe ich mir für Wasser, Weingeist, und Schwefeläther construiret. Die folgende Tafel enthält die Spannkräfte der Wasserdämpfe nach Daltons Beobachtungen und den meinigen, sodann meine im Winter 1823 — 24 angestellte Beobachtungen über die Spannkräfte der Dämpfe des Schwefeläthers.

	Spannkraft der Wasserdämpfe nach		Aetherdämpfe
Reaumür	Dalton	Schmidt in pariser Zollen	
— 20°	—	—	1,95
— 15°	—	—	2,50
— 10°	—	—	3,33
— 5°	—	—	4,37
0°	0,1876	0,18	5,80
+ 5°	0,279	0,236	7,65
10°	0,408	0,400	10,03
15°	0,592	0,680	12,40
20°	0,884	0,997	16,30
25°	1,21	1,40	21,04
30°	1,708	1,962	26,37
31°	—	—	28,00 Siedhitze
35°	2,383	2,684	
40°	3,284	3,672	
45°	4,466	5,040	
50°	6,052	6,455	
55°	8,023	8,650	
60°	10,56	11,08	
65°	13,70	14,17	
70°	17,64	17,88	
75°	22,52	22,39	
80°	28,15	28,00	Siedhitze
85°	—	35,09	
90°	—	43,77	
95°	—	54,18	
100°	—	67,00	
105°	—	80,95	
110°	—	100,72	

Aus den vorhandenen Beobachtungen lassen sich auf mancherlei Weise Interpolationsgesetze darstellen, wonach man die zwischen die Beobachtungen fallende Spannkräfte der Dämpfe berechnen, und selbst kleine Fehler der Beobachtung verbessern kann. Biot (in seiner Naturlehre) giebt nach Daltons Beobachtungen folgendes Gesetz für die Spannkräfte der Wasserdämpfe in Meter, und Centesimalgraden.

$$FN = 0{,}76 \cdot 10^{AN + BN^2 + CN^3}$$

wo N die Temperatur von der Siedhitze abwärts bezeichnet, die Coefficienten

$$\left.\begin{array}{l} A = -\ 0{,}01537278757 \\ B = -\ 0{,}00006731995 \\ C = +\ 0{,}0000000337 4 \end{array}\right\} \text{sind.}$$

Wir werden unten eine nach dieser Formel berechnete Tafel über die Spannkräfte der Dämpfe mittheilen, so weit sie für die Hygrometrie nöthig sind. T. Mayer in Göttingen leitete aus meinen Beobachtungen folgendes Gesetz ab.

$$\log.\ E = 4{,}2860 + \log\,(213 + t) - \frac{1551{,}09}{213 + t}$$

Ich hatte früher aus denselben das Gesetz $e = t^{1{,}4113 + 0{,}005t}$ abgeleitet, wo e die Spannkraft in Hunderttheilen von pariser Zollen, t den Wärmegrad nach Reaumüre bezeichnen. Keins der bis jetzt bekannt gewordnen Gesetze über die Spannkräfte des Wasserdampfes kann auf allgemeine Gültigkeit Anspruch machen. Das unsrige scheint die Spannkräfte des Dampfes in den hohen, über dem Siedpunct liegenden Temperaturen, am besten darzustellen, ob es gleich für die um und unter 0° liegenden Temperaturen nicht passet. Die folgenden Zahlen geben nach ihm berechnete Spannkräfte in Atmosphärenpressungen an.

80° R	—	1 Atmosph. Druck.
90°	—	1,55 —
100°	—	2,35
110°	—	3,70
120°	—	5,40
130°	—	8,10
140°	—	12,8
150°	—	18,0
160°	—	26,7
170°	—	39,7

Perkin's giebt nach Beobachtungen an seinen Dampfmaschinen (siehe Gilb. Annal. 1823 10. St.) die Kraft der Dämpfe bey 164° R — 186° R zu 30 bis 35 Atmosphärendruck an. Um so hohe Grade von Spannkräften der Dämpfe zu messen, muß man sich sehr starker metallener Gefäße bedienen, die mit einem Ventile versehen sind, das durch einen Hebel mit Gewichte durch eine bestimmte Kraft nieder gehalten wird, die man nach Willkühr verstärken kann; zugleich muß

in den innern Raum der heißen Dämpfe ein Quecksilberthermometer gehen, dessen Scale bis zur Siedhitze des Quecksilbers reicht. Zur größern Sicherheit des Beobachters ist es nöthig ausser dem Ventile, gewisse Theile des Apparats mit einem solchen Loth zusammenzufügen, welches bey einer bestimmten Temperatur schmelzt, und die Dämpfe frei entweichen lässet.

Wie weit die Kraft der Dämpfe in völlig eingeschlossenem Raum gesteigert werden könne, ist noch zur Zeit unbekannt. Cagnard de La Tour stellte hierüber folgende merkwürdige Versuche an. Er schloß mehrere flüchtige Flüssigkeiten, Aether, Alkohol, Naphta, Terpenthinöhl und Wasser in kleine enge Glasröhren ein, die von der Flüssigkeit zum Theil angefüllet waren, der übrige Theil der Röhre enthielte Luft, und die Glasröhren wurden hermetisch eingeschlossen.

Als die Röhren nachher mit Behutsamkeit erhitzt wurden, verwandelte sich die Flüssigkeit in Gas. Beym Aether geschah dieß bey 160° C und er nahm das zweifache Volumen seiner flüssigen Form ein, und übte einen Druck von 37 — 38 Atmosphären aus. Alkohol nahm die Gasform an bey + 207° und übte bey dem 3fachen seines vorigen Raumes eine Kraft von 119 Atmosphären aus. Wasser zersprengte die Glaswände, die es auflößte, bis man ihm etwas kohlensaures Natron zusetzte; dann verwandelte es sich bey der Schmelzhitze des Zink's in Gas, das den vierfachen Raum als im flüssigen Zustand einnahm.

Berechnet man nach unsrer Formel über die Spannkraft der Wasserdämpfe und dem im folgenden §. angeführten Daltonschen Gesetz die Spannkraft des Alkoholdampfes bey + 207° C = 165,6 R so findet man den 65fachen Atmosphärendruck, viel kleiner als Cagnard de La Tours Beobachtungen. Dagegen giebt dieselbe Rechnung für die Aetherdämpfe bey 160° C = 128 R den 51 bis 52 fachen Atmosphärendruck, also größer als die Beobachtung. Wir müssen es dahin gestellt seyn lassen, ob Cagnard de La Tours Zahlen als genau zu betrachten sind.

§. 201.

Dalton hat aus der Vergleichung der Spannkräfte der Wasser- Weingeist- und Aetherdämpfe das Gesetz abgeleitet:

der Unterschied der Temperaturen, wobey Dämpfe verschiedner Körper eine gleiche Spannkraft besitzen, ist eine beständige Größe und dem Unterschiede der Siedhitze der Flüssigkeiten gleich, woraus die Dämpfe gebildet sind.

Hat sich gleich dieß Gesetz nicht in seiner Allgemeinheit bewähret, so dienet es doch, als eine Annäherung, um schnell übersehen zu lassen, welche Spannkraft einem Dampf bey einer bestimmten Temperatur zukömmt, für welche die Spannkraft des Wasserdampf's bekannt ist. Z. B. nach der im vorigen Paragraphen mitgetheilten Tafel beträget der Unterschied der Siedhitze zwischen Schwefel-Aether und Wasser 49° R. Die Spannkraft der Wasserdämpfe bey — 20° + 49° = + 29° müßte nach Daltons Gesetz eben so groß seyn als die der Aetherdämpfe bey — 20 R. Unsre Beobachtungen geben für diese 1,95 Zolle, für jene 4,85 Zolle.

Will man das Gesetz auf die Quecksilberdämpfe ausdehnen, und nimmt den Siedpunct des Quecksilbers zu 285° R, also 205 höher als den Siedpunct des Wassers an so würde die Spannkraft der Quecksilberdämpfe bey den Temperaturen der Siedhitzen und Frierkälte des Wassers nicht größer seyn, als die Spannkraft des Wasserdampfes bey — 125° R und 205° R. Bey diesen äusserst niedrigen Temperaturen kennen wir die Spannkräfte der Wasserdämpfe eben so wenig. Indessen zeigt doch diese Betrachtung, daß zwischen dem Eis- und Siedpunct des Wassers die Spannkraft der Quecksilberdämpfe eine uns völlig unmeßbare Größe sey.

§. 202.

Es ist für den Naturforscher eben so wichtig die Dichten der Dämpfe bey verschiednen Temperaturen, wie ihre Spannkräfte, zu kennen. Um die Dichte der Dämpfe zu bestimmen, muß man ihr Gewicht und den Raum kennen den sie einnehmen, oder das Verhältniß ihres Gewichtes zu dem Gewichte einer gleichen Menge einer andern Flüssigkeit z. B. der Luft, deren Dichte bekannt ist. Ich bediente mich des letztern Verfahrens, um zur Kenntniß der Dichte der Wasserdämpfe bey der Siedhitze zu gelangen, wie folget.

Eine Viole von dünnem Glas, deren Hals in eine feine Spitze ausgezogen war, wurde bey einem bekannten Barometer- und Thermometerstand genau abgewogen. Dieß Gewicht gab das Gewicht des Glases nebst der eingeschlossenen Luft. Darauf wurde der innere Raum der Viole mit Wasserdampf bey der Siedhitze erfüllet, indem man etwas destillirtes Wasser darin bis zur Trockne verkochen ließ, und in dem Augenblick die Spitze der Viole verschloß. So wie das Gefäß wieder zur Temperatur der umgebenden Luft sich erkältete, beschlugen sich die Dämpfe als ein Thau an den innern Wänden. Es wurde nun wieder gewogen, dieß Gewicht gab das Gewicht des Glases nebst den Dämpfen. Darauf wurde die Spitze geöffnet, und die Viole, nach eingeströmter Luft, zum drittenmahle gewogen. Nimmt man dieses Gewicht gleich dem Gewicht des Glases, des Dampfes und der Luft, so giebt der Unterschied der Abwiegungen 1 und 3 das Gewicht des Dampfes, der Unterschied der Abwiegungen 2 und 3 das Gewicht der Luft bey gleichen Räumen. Auf diese Weise fand ich schon im Jahr 1797 die Dichte des Wasserdampfes

bey der Siedhitze im Vergleichung mit der Dichte der Luft bey 15° R und 28″ B wie 1 : 1,75. Es bedarf diese Zahl eine kleine Verbesserung. Denn da die Spannkraft des Wasserdampfes bey 15° R 0,68 Zoll beträget, so war vor der 3ten Abwägung nicht das volle Gewicht der Luft, sondern nur $\frac{28 - 0{,}68}{28}$ Theile desselben in der Viole enthalten. Mit Rücksicht auf diese Verbesserung verwandelt sich das oben angegebene Verhältniß in 1 : 1,78, und wenn man die Dichte des siedendheißen Dampfes mit der Dichte der Luft bey gleicher Temperatur vergleichen will, so geht es in 1 : 1,4 über, genau dasselbe was auch Saussüre der ältere gefunden hatte. Gay Lüssac, welcher später über diesen Gegenstand Untersuchungen anstellte, brachte eine genau abgewogne Menge von Wasser in einem gläsernen Bläschen in den obern Raum eines mit Quecksilber gefüllten Recipienten, und ließ jenes Wasser, durch eine von aussen angebrachte Erhöhung der Temperatur bis zur Siedhitze sich in Dämpfen auflösen, indem es die dünnen Wände des gläsernen Bläschens zersprengte. Jetzt maß er den Raum der Dämpfe, und die Höhe der unter denselben angestiegnen Quecksilbersäule, und berechnete daraus die Dichte der Wasserdämpfe die sie bey gleicher Temperatur unter einem Druck von 0,76 M. = 28,1 Zoll gehabt haben würden. So fand er die Dichte des Wasserdampfes bey der Siedhitze in Beziehung auf die Luft = 1 : 1,6, oder wenn man die Dichte der Luft = 1 setzt, die Dichte des Wasserdampfes = 0,625.

Ich werde mich in der Folge der von Gay Lüssac angegebenen Zahl bedienen, weil sie von den Naturforschern allgemein angenommen worden ist.

Die oben §. 199 von Desprets mitgetheilten Beobach-

tungen beweisen, daß die Dichte der Dämpfe bey den flüchtigern Körpern größer ist als bey dem Wasser, ob sie gleich nicht in dem umgekehrten Verhältniß der Siedhitzen stehen. Die Siedhitze einer Flüssigkeit ist diejenige Temperatur, wobey die Spannkraft ihrer Dämpfe dem Druck der Atmosphäre gleichkommen. Hieraus erhellet, warum die Siedhitze mit dem Druck der Atmosphäre ab- und zunehmen. Da nun bey den Wasserdämpfen die Spannkraft um die Siedhitze für einen Grad der Centesimalscale um 1 Zoll ab- und zunimmt, so fliesset daraus die §. 185 mitgetheilte Verbesserung für den Siedpunct bey den Thermometern.

Eine Flüssigkeit, welche eine geringere Siedhitze hat als das Wasser, können wir uns als eine solche vorstellen, deren Cohäsionskraft kleiner ist, und deren Dampftheilchen somit auch in kleineren Entfernungen von einander gestellet seyn können, ohne wirklich zusammen zu fliessen.

Daraus wird die größere Dichte solcher Dämpfe begreiflich.

Uebrigens hängt die Verdampfungsfähigkeit einer Flüssigkeit nicht blos von ihrer Cohäsionskraft, sondern auch von ihrer specifischen Wärme und dem specifischen Gewicht ab.

§. 203.

Wenn sich Dämpfe bey irgend einer Temperatur gebildet haben, und man erhöhet ihre Temperatur, ohne daß sie in Berührung mit verdunstbarer Flüssigkeit stehen, so wächset ihre Spannkraft gleichförmig mit den Zunahmen der Wärme, wie bey den Luftarten. Erkältet man aber solche Dämpfe, so ist die Abnahme ihrer Spannkraft nur so lange gleichförmig, als sie ihre größte Dichte, wobey sie bestehen können, nicht überschreiten. Um die größte Dichte eines Dampfes bey einer andern Temperatur als der Siedhitze zu finden, darf man folgende Betrachtung anstellen.

Die absolute Elasticität eines Gases ist eine zusammengesetzte Function aus seiner Dichte und seiner specifischen Elasticität. Letztere aber kann den Ausdehnungen des Gases durch die Wärme proportional gesetzt werden, und in so ferne diese für alle Gase, die Dämpfe einge-

schlossen, dieselbe ist; so kann man sagen: das Verhältniß der Dichten zweier Gase, also auch der Dämpfe zur Luft sey bey gleicher Temperatur und Spannung eine beständige Größe, für Wasserdampf und Luft 10 : 16.

Dieser Ausdruck kann indessen zu Irrungen Anlaß geben, weil die Dämpfe bey gegebener Temperatur nicht unter jeder Spannung existiren können. Es giebt z. B. keinen Wasserdampf bey der Temperatur der Eiskälte und einer Spannung von 28 Zollen.

Der analytische Ausdruck für die Dichte der Wasserdämpfe bey gegebener Spannung = e und Temperatur = t ist

$$S = \frac{{}^{10}/_{16}\ e}{0{,}76\ M\ .\ (1 + 0{,}00375\ .\ t)}$$

wenn man e in Meter und t in Centisimalgraden ausdruckt. Hiernach ist die folgende Tafel berechnet. Dabey habe ich für die niedrigern Temperaturen die Beobachtungen Daltons zum Grunde geleget. Bey den höhern aber meine gefundnen Spannkräfte, weil für diese Temperaturen die Daltonschen Angaben zu klein sind.

Da das Gewicht eines Cubikdecimeters Luft unter der Temperatur der Eiskälte und bey 28″ B gleich 1,3 Gramme, oder eines pariser Cubikfußes = 838,6 Grain ist, so darf man die Zahlen für S in der Tafel, nur mit einer der vorstehenden multipliciren, um das Gewicht der nach neuem oder altem französischen Maaß zu erhalten.

Tafel

über die zusammengehörige Temperaturen, Spannungen und Dichten der Wasserdämpfe, die Dichte der Luft bey 0° und 0,67 (= 28,16 Z.) Barometerstand zur Einheit genommen.

Temperatur		Spannung	Dichte
C.	R.	Millimeter	Milliontheile
— 20°	— 16°	1,333	1184
— 15°	— 12°	1,879	1637
— 10°	— 8°	2,613	2248
— 5°	— 4°	3,660	3067
0°	0°	5,059	4160
+ 5°	+ 4°	6,947	5607
+ 10°	+ 8°	9,475	7510
+ 15°	+ 12°	12,837	1000
+ 20°	+ 16°	17,314	1324
+ 25°	+ 20°	23,090	1735
+ 100°	80°	760	0,454
105	84	904	0,533
110	88	1077	0,632
115	92	1282	0,742
120	96	1520	0,868
125	100	1799	1,014
130	104	1226	1,184
135	108	2507	1,378
140	112	2964	1,609

Anmerkung.

Ob das Gesetz für die Dichte der Dämpfe bey viel höhern Temperaturen gelte bleibt zweifelhaft.

Hygrometer, und Hygrometrie.

§. 204.

Wir haben schon erwähnt, daß die Atmosphäre stets mit Wasserdämpfen erfüllet ist, bald mehr bald weniger.

Um die Menge derselben, oder den Grad der Feuchtigkeit der Luft kennen zu lernen, hat man eigne Werkzeuge erdacht, die man Feuchtigkeitsmesser, Hygrometer nennet. Einige der besten sind, das Saussürsche Haarhygrometer, das Delücsche Fischbeinhygrometer, und das von Dalton zuerst vorgeschlagene, und von Daniel weiter ausgeführte Hygrometer. Saussüre wählte das menschliche Haar, nachdem er es vorher durch Auskochen in einer schwachen Lauge, bestehend aus 1 Maaß Wasser und 30 Gran Sode oder Potasche, seiner natürlichen Fettigkeit beraubt hatte, zum hygrometrischen Körper, weil er fand, daß ein gehörig gelaugtes Haar sehr empfindlich gegen die Wasserdämpfe ist (es nahm von der größten Trockenheit bis zur größten Feuchtigkeit, um 0,0245 seiner Länge zu), dagegen unempfindlich gegen andere Dünste, und gegen die ausdehnende Kraft der Wärme, indem es sich durch 22° R nur um $\frac{1}{2424}$ seiner Länge ausdehnte. Ein gehörig ausgelaugtes Menschenhaar, als Hygrometer zu gebrauchen, dienet folgende Zurichtung. ABCD Fig. 127 ist ein metallener Rahmen. Bey E befindet sich eine Klemme, bey F ein Rollenausschnitt, der einen feinen Zeiger eg herum führet. Die Klemme b kann durch eine Mikrometerschraube auf und nieder gehoben werden, durch sie wird das obere Ende des Haares festgehalten, das andere ist an dem untern Theil des Ausschnitts der Rolle befestiget, von dem obern Ende des Rollenausschnitts geht ein Seidenfaden herab, welcher ein kleines Gewicht p träget. Wird nun das Haar durch die Feuchtigkeit verlängert, so dreht das Gewicht den Zeiger eg nach oben, wird hingegen das Haar durch Austrocknen kürzer, so zieht es selbst den Zeiger nach unten. Die Puncte der größten Feuchtigkeit und Trockenheit bestimmt Saussüre auf folgende Weise. Man hängt

das Hygrometer nebst einem Thermometer frei in einem hohen Glascylinder auf, der oben mit einem metallenen Deckel geschlossen ist, zuvor wird die innere Oberfläche des Cylinders ganz durch einen feuchten Schwamm mit Wasser benetzt, und die untere Oeffnung in eine Schaale voll Wasser gestellt. Die eingeschlossene rund um mit Wasser umgebene Luft kommt bald zum Punct der größten Feuchtigkeit, und theilt diese dem Haar mit. Bleibt der Zeiger des Hygrometers nach Verlauf einiger Stunden unwandelbar auf einem Puncte stehen, und kommt auch bey veränderter Temperatur immer auf denselben zurück, so ist dieß der Punct der größten Feuchtigkeit, und das Haar gut gelauget. Jetzt bringt man das Hygrometer aus dem feuchten Raum unter ein trocknes Glasgefäß in das man zu gleicher Zeit eine hinreichende Menge stark ausgeglühter Potasche, oder salzsauren Kalk stellet. Die Luft geht nun langsam durch Anziehung der Feuchtigkeit durch das Salz zur Trockenheit über, und mit ihr der Zustand des Haares. Kommt der Zeiger nach Verlauf von 12—24 Stunden zu seinem tiefsten Stand herab, und bleibt stehen, wenn man gleich die Temperatur des innern Raumes verändert, so ist der Punct der Trockenheit genau bestimmt. Den Zwischenraum beider Puncte theilet Saussüre in 100 gleiche Theile, dieß sind die Grade seines Hygrometers, von dem Punct der Trockenheit an gezählet. Delüc machte Einwendungen gegen die gleichförmige Ausdehnung des Haares um den Punct der größten Feuchtigkeit, und wählte statt desselben einen dünnen Fischbeinstreifen. Uebrigens ist die Einrichtung dieses Hygrometers dem Saussürschen ähnlich.

§. 205.

Saussüre blieb nicht dabey stehen ein gutes Hygrome-

ter gebaut zu haben, er stellte auch Versuche über den Gang seines Hygrometers und die Menge des in der Luft enthaltenen Wassers an. So fand er, daß wenn das Haar-

Hygrometer zeigt	der Cubikfuß Luft enthält an Wasser bey 15° R	6° R
10°	0,4593 Gran	0,2545 Gran
30°	1,794	1,083
50°	3,485	2,095
70°	6,365	3,373
90°	9,725	4,920
100°	11,069	5,6519

Auch stellte Saussüre Versuche über die durch die Temperatur bewirkten Aenderungen des Hygrometers an, wenn die absolute Menge der Feuchtigkeit in der Luft unveränderlich ist. Denn da die Dämpfe in der Atmosphäre selten in dem Zustande ihrer größten Dichte sich befinden, so müssen sie sich diesem Zustande desto mehr nähern oder von ihm entfernen, je niedriger oder höher die Temperatur wird. Saussüre ist sonach als der Begründer der Hygrometrie anzusehen, indessen haben Delüc, Dalton und Gay Lüssac nicht wenig zur Vervollkommnung derselben beygetragen. Wir wollen zuerst von Daltons Art die Menge der Feuchtigkeit in der Luft zu messen reden, welche selbst eine Verbesserung eines von Le Roy früher gebrauchten Verfahrens ist. Es ist bekannt, daß kalte Körper sich in einer feuchten Luft mit Dunst beschlagen, desto stärker je feuchter die Luft ist. Man nehme ein blankes Gefäß von Glas oder Metall, trockne es von aussen wohl ab, und setze es der Luft aus, deren Feuchtigkeit man messen will. In das Gefäß gieße man etwas kälteres Wasser als die Temperatur der Luft ist, und erkälte dieses Wasser durch Auflösung von etwas Kochsalz oder Salmiak, indem man zugleich dessen Temperatur mittelst eines darin gesenkten

Thermometers beobachtet, bis die äussere Fläche des Gefäßes sich mit Dunst aus der Luft zu beschlagen anfängt. Die wahrgenommene Temperatur ist diejenige, wobey die Dämpfe in der Luft die Dichte annehmen würden, welche der größten Feuchtigkeit entspricht. Man darf also mit dieser Temperatur nur in die oben §. 202 mitgetheilte Tafel eingehen, um die Spannkraft, Dichte und das Gewicht der Dämpfe zu finden, welche in einem Cubikmeter Luft zur Zeit der Beobachtung enthalten sind. Z. B. Man habe gefunden, daß die Luft von + 15° C auf + 5° C erkältet werden müßte, um einen sichtbaren Dunstbeschlag abzusetzen, so lehret die Tafel, daß die Dichte der Dämpfe in der Luft 0,005607 von der Dichte der Luft bey 0° und 28 Z. Bst. ist, und ihr Gewicht in einem Cubikmeter 7,289 Grammen beträgt.

Dieser sehr directen Methode die Menge der Feuchtigkeit in der Luft zu finden, steht nur das entgegen, daß man den ersten Hauch von Beschlag selten wahrnehmen kann, und daher die Temperatur, wobey er erfolgt, gewöhnlich etwas zu niedrig angiebt. Man hat, um die Daltonsche Beobachtungsart zu erleichtern, mancherlei Werkzeuge vorgeschlagen, die zum Theil unnöthiger Weise zusammengesetzt erscheinen. Ich bediene mich dazu des Fig. 118 abgebildeten Schaalenthermometers. In die Schaale selbst kommt die erkältende Flüssigkeit, an der untern Seite derselben wird der Dunstbeschlag beobachtet, und das Thermometer giebt die Temperatur. Immer bleibt es umständlicher eine Beobachtung der Art anzustellen, als den Stand eines gewöhnlichen Hygrometers nachzusehen. Es wäre daher zu wünschen, daß man den Gang der gewöhnlichen Hygrometer nach der Daltonschen Methode prüfte, und ihre Anzeige dadurch berichtigte. Dieß hat, wiewohl auf einem andern Weg, Gay Lüssac für das Saussürsche Hygrometer unternommen, und so des Erfinders Untersuchungen über sein Werkzeug vervollkommnet.

§. 206.

Je nachdem eine wässerige Flüssigkeit einen Stoff auf-

gelöset enthält, welcher eine stärkere Anziehkraft gegen das Wasser besitzt, eine um so geringere Spannkraft werden die über der Flüssigkeit in einem eingeschlossenen Raume bey bestimmter Temperatur sich bildenden Dämpfe besitzen. Von diesem Grundsatze ausgehend, brachte Gay Lüssac in einen eingeschlossenen Raum ein Saussürsches Hygrometer und nach und nach verschiedne Flüssigkeiten, maß die Spannkraft der Dämpfe bey + 10° C und beobachtete die zugehörigen Stände des Hygrometers. So ergab sich eine Tafel, welche für jeden Grad des Saussürschen Hygrometers, die Spannkraft der Dämpfe in Hunderttheilen der absoluten Spannkraft, (d. i. derjenigen die bey der größten Feuchtigkeit unter gleicher Temperatur Statt fände) angiebt. Das Folgende ist ein für die gewöhnlich vorkommenden Beobachtungen hinreichender Auszug dieser Tafel.

Hygrometergrade	Spannkraft der Dämpfe in 100 Theilen	Unterschied für 1°	Hygrometergrade	Spannkraft der Dämpfe in 100 Theilen	Unterschied für 1°
0°	0,00	0,45	55°	31,76	0,79
5°	2,25	0,46	60°	36,28	0,90
10°	4,57	0,48	65°	41,42	1,03
15°	6,96	0,50	70°	47,19	1,15
20°	9,45	0,52	75°	53,76	1,31
25°	12,05	0,54	80°	61,22	1,46
30°	14,78	0,58	85°	69,59	1,67
35°	17,68	0,62	90°	79,09	1,9
40°	20,70	0,68	95°	89,06	2,00
45°	24,13	0,73	100°	100,00	2,2
50°	27,79	0,79			

Um den Gebrauch dieser Tafel, und ihre nahe Uebereinstimmung mit der Daltonschen Methode zu zeigen, theile ich einige von mir darüber angestellte Beobachtungen mit.

Hygrometer.	Temperatur d. Luft	d. Dunstbeschlag's	Spannung nach Gay Lüssac	n. Dalton
84°	0° R	— 4° R	3,44 Mill.	3,66
79°	+ 5°	— 1½ R	4,16	4,35
64°	+ 17°	+ 4° R	7,40	6,947
64°	+ 14°	+ 4° R	6,06	6,947

Die Zahlen der 4ten Reihe sind so berechnet worden. Bey 84° H. beträgt nach G. L. die Spannung 0,68 der absoluten. Diese aber beträgt bey 0° R 5,059 beide Zahlen multipliciret geben 3,44. Nach Dalton beträgt die Spannkraft bey 4° R = 3,66 siehe die Tafel §. 202.

Ein neuer Vorschlag Leslie's die Feuchtigkeit der Luft durch den Grad der Erwärmung, welche eine concentrirte Schwefelsäure in feuchter Luft zeigt, zu messen, scheint uns keiner großen Genauigkeit fähig zu seyn.

Ausdünstungsmaaß.

§. 207.

Die Menge von Dünsten, welche von einer Wasserfläche von gegebener Größe aufsteigen, stehen im Verhältnisse der, den Temperaturen entsprechenden Spannkräften der Dünste. Dieß hat Dalton durch folgende Versuche dargethan. Er füllte ein cylindrisches Gefäß von Zinn 2,5 Zoll im Durchmesser, 3,25 Zoll tief mit Wasser an, und ließ es bey verschiednen Temperaturen, in stiller Luft verdunsten, und maß die in einer Minute abgedünstete Mengen, sie waren den Spannkräften der Dämpfe proportional, wie das folgende Täfelchen zeigt.

Temperatur nach Fahrenheit	Spannung der Dämpfe in Zollen	Ausdünstung in 1 Minute in Grain engl. Gewicht
212°	30″	30
180°	15,15	15
164	10,41	10
152	7,81	8,5
144	6,37	6
138	5,44	5

Dieser Erfahrungssatz stimmt auch mit der Theorie überein. Denn die beschleunigende Kraft, welcher die Geschwindigkeit der Ausdünstung proportional seyn muß, ist hier gleich der Spannkraft, dividiret durch die Dichte der Dämpfe, und die Menge der Verdünstung steht im Verhältniß der Geschwindigkeit, multiplicirt mit der Dichte der Dämpfe, daher

$$m = A \frac{e}{d} \cdot d = A \cdot e$$

wenn m Menge, e Spannkraft, d Dichte der Dämpfe, und A einen durch die Erfahrung zu bestimmenden Zahlcoefficienten bezeichnen.

Die Menge der Verdünstung nimmt ab, wenn die Luft bereits ähnliche Dämpfe von bestimmter Spannung enthält. Es werde die Spannung der Dämpfe in der Luft durch e' bezeichnet, so geht nun der obige Ausdruck in folgenden über $m = A\ (e - e')$. Dalton fand, daß ein Gefäß voll Wasser von $1/4$ □ Fuß Oberfläche bey der Siedhitze, und trockner ruhiger Luft in einer Minute 120 Grain Wasser durch Ausdünstung verlor. Da hier also $m = 120$, $e = 30''$, so folgt $A = {}^{120}/_{30} = 4$ und der allgemeine Ausdruck für m geht in folgenden über
$m = 4\ (e - e')$, oder wenn man m auf einen ganzen Quadratfuß beziehen will $m = 16\ (e - e')$ wo sich alles auf englisches Maaß und Gewicht bezieht. Z. B. Es sey die Temperatur der verdünstenden Flüssigkeit $= 20^\circ$ R, die Feuchtigkeit der Luft so groß, daß sie bey $+ 10^\circ$ in den Zustand der größten Feuchtigkeit übergehe, dann ist die Spannkraft ihrer Dämpfe nach Dalton 0,435 Zolle $= e'$, die Spannkraft der Dämpfe bey 20° oder $e = 0{,}910$ Zolle. Daher die Menge des in einer Minute von einem

Quadratfuß Oberfläche verdünsteten Wassers = 16 (0,910 — 0,435) Grain = 7,66 Grain.

Wollte man von Versuchen so im Kleinen aufs Große schliessen, so würde dieß auf die geographische Quadratmeile 7913 Centner verdünstetes Wasser geben. Es zeigt dieß wenigstens, welche ungeheure Menge von Wasser sich durchs Verdünsten aus dem Weltmeer in die Atmosphäre begiebt. Ganz anders verhält sich die Ausdünstung bey feuchten festen Körpern. Hier kommt ausser der specifischen Wärme der Körper ihre Anziehung gegen das Wasser ins Spiel. So dünstet z. B. feuchter Thon weniger aus, als feuchter Sand. Ausser der Temperatur und dem Zustande der Feuchtigkeit der Atmosphäre haben auch die Winde einen großen Einfluß auf die Ausdünstung, sie vermehren dieselbe in der Regel, weil sie statt der feuchten Luft eine trockne an ihre Stelle bringen. Alles dieß zusammen genommen macht, daß die Ausdünstung zu verschiednen Zeiten und an verschiednen Orten sehr veränderlich ausfället. Die Werkzeuge, deren man sich zur Messung der Ausdünstung bedienet, heißen Atmometer. Es sind flache mit Wasser gefüllte Kästen von bekannter Oberfläche, die man der Wirkung der freien Luft unter einer leichten Bedeckung aussetzt.

Technische Anwendung der elastischen Kraft der Wasserdämpfe.

§. 280.

Ob wir uns gleich über die technische Anwendung der elastischen Kraft der Dämpfe hier, als unserm Zwecke fremd, nicht verbreiten können; so mag es doch vergönnet seyn, die physischen Principien kurz zu erwähnen, worauf jene für die Gesellschaft so äusserst fruchtbringende Anwendungen der Dampfmaschinen beruhen. Zur Erläuterung des folgenden sehe man Fig. 128. Es bezeichne K einen Kessel, welcher durch eine schicklich angebrachte Feuerung hinlänglich erhitzt und mit einer gehörigen Menge heißen Wassers und Dämpfen von der nöthigen Spannung versehen ist. Von seinem obern mit Dampf erfüllten Raume geht ein Leitrohr RRN, welches unten und oben zu dem zweiten Haupttheil der Dampfmaschine, dem großen Cylinder

M'MNN' führet, in welchem der Kolben M'M dampfdicht auf und nieder geht. Die Röhre RBN ist mit zwei Hähnen oder Ventilen 1, 2, versehen, welche sich abwechselnd öffnen, und schliessen. Soll der Kolben M'M in die Höhe gehen, so ist der Hahn 1 offen und 2 zu. Der Dampf tritt aus dem Kessel unter den Kolben und treibt ihn vermöge seiner Spannkraft in die Höhe. Ist bereits Dampf über den Kolben gewesen, so tritt derselbe durch die Oeffnung N' den Hahn 3 und die Röhre O Q zu dem Condensator. Dieß ist ein in kaltes Wasser versenkter verschlossener Raum, in welchem sich der Dampf durch die niedrige Temperatur größtentheils zu Wasser verdichtet, und nur eine geringe Spannkraft übrig behält. Die Verdichtung der Dämpfe kann noch dadurch befördert werden, daß dem in den Condensator dringenden Dampf von der einen Seite ein Strahl kaltes Wasser begegnet, und daß von der andern Seite eine Saugpumpe, die durch die Dampfmaschine selbst getrieben wird, die verdichteten Dämpfe an einen Ort bringt, von welchem sie dem Kessel wieder als Speisewasser zugeführet werden können. Soll nun der Kolben von seinem höchsten Stand N'N wieder zu dem niedrigsten M'M zurückkehren, so schliessen sich der Hahn 1 und 3, dagegen öffnen sich der Hahn 2 und 4. Jetzt dringen die Dämpfe aus dem Kessel durch die Oeffnung N über den Kolben, dagegen fliessen die unter demselben befindlichen durch die Oeffnung M' nach dem Condensator ab. Durch die hin und hergehende Bewegung der Kolbenstange A, wird ein Hebebaum ACB in schwingende Bewegung gesetzt, welcher selbst durch die Stange BD Pumpenwerke jeder Art treiben, oder wieder mit einer Kurbel DE in Verbindung stehen kann, wodurch die hin und hergehende Bewegung in eine kreißdrehende verwandelt wird, die sich denn wieder jeder andern Maschine mittheilen lässet. So wird begreiflich, wie man durch Dampfmaschinen Mühlwerke in Bewegung setzen, oder die gleich Rudern wirkenden Schaufelräder eines Dampfschiffes, oder die Wagenräder eines Fuhrwerks umtreiben könne. Die bewegende Kraft einer Dampfmaschine beruht erstens auf der Größe der Spannkraft der im Kessel erzeugten Dämpfe, und zweitens auf der Größe der Kolbenfläche, gegen welche sie wirken. Das mechanische Moment der Maschine hängt zugleich von der Höhe und Geschwindigkeit des Kolbenhubs MN ab. Betrüge z. B. die Spannkraft der Dämpfe im Kessel = 28 Z. Quecksilberdruck, die Spannkraft der Dämpfe im Condensator = 2 Z., so würde die bewegende Kraft am

Kolben durch 26 Zoll Quecksilberdruck dargestellet werden, welches noch über 2000 Pf. auf 1 par. □ Fuß Kolbenfläche beträgt. Gesetzt, der Kolben habe eine Grundfläche von 2½ □ Fuß, der Kolbenschub betrage 5 Fuß und wiederhole sich 20mahl in einer Minute, so betrüge die bewegende Kraft dieser Dampfmaschine 5000 Pf. und das mechanische Moment in einer Minute 5 . 20 . 5000 = 500000 Pfund. Rechnet man das Moment eines Pferdes zu 33000 Pfund, so wäre die Kraft der Maschine gleich 15 Pferdekräften.

§. 209.

Die obige Beschreibung enthält die flüchtigen Umrisse der von Watt und Boulton so sehr verbesserten doppelt wirkenden Dampfmaschinen mit Condensator. Wer sich genauer über die äusserst sinnreichen Einrichtungen dieser Maschinen unterrichten will, den verweisen wir auf Bernulli's Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre Basel 1824, sodann auf Pronys hydraulische Architectur 2. Band. Nach dieser Constructionsart sind bisher die meisten Dampfmaschinen in England und dem Continent von Europa gebauet worden. Seit 20 — 30 Jahren hat man, vorzüglich in Amerika, und nun auch in England Dampfmaschinen gebauet, bey welchen der Condensator wegbleibt, dagegen die Dämpfe in dem Kessel durch Erhöhung der Temperatur zu einer viel höhern Spannkraft, dem 10, 20 bis 30fachen Atmosphärendruck gesteigert werden. Man denke sich die Röhre 000 mit dem Condensator weg, und die Dämpfe über und unter dem Kolben durch den Hahn 3 und 4 abwechselnd in die Atmosphäre entweichen, so hat man einen Begriff von einer Dampfmaschine mit hohem Druck ohne Condensator. Es erhellet von selbst, daß eine solche Dampfmaschine wegen der großen Vermehrung der bewegenden Kraft einen viel kleinern Kolben zu treiben braucht und doch denselben mechanischen Effect leisten kann. Daher

eignen sie sich vorzüglich zur Bewegung von Dampfschiffen, Dampffuhrwerken und ähnlichen Maschinen. Nur hatte die Gefahr des Zerspringens, trotz aller angewandten Sicherungsmittel, gegen die allgemeinere Einführung solcher hochwirkenden Dampfmaschinen gerechtes Mißtrauen erreget. Perkin's scheint es gelungen zu seyn, auch dieses Hinderniß zu beseitigen, durch die Art, wie er den heißen Dampf erzeugt. Er nimmt statt des Dampfkessels einen kleinen sehr massiven Cylinder von Metall, der mitten im Feuer lieget, und stets ganz mit heißem Wasser angefüllet ist. In denselben wird durch eine Druckpumpe bey jedem Kolbenschub nur weniges frisches Wasser getrieben, eben so viel als auf der andern Seite heißes Wasser durch ein Ventil entweicht, das sich sogleich in Dampf auflösend nach dem Kolbenraum begiebt, wo es fortfähret sich auszudehnen, und den Kolben vor sich her schiebt. Perkin's giebt die Kraft des Dampf's in seinen Maschinen zu 35 Atmosphärendruck an.

Man hat die Frage aufgeworfen, welche Dampfmaschinen, hohe- oder niedrigpressende, leisten bey gleichem Aufwand an Feuerungsmaterial am meisten? Die Beantwortung dieser Frage führet auf folgende physikalische Untersuchung. Wie verhält sich die Dichte, Spannkraft und specifische Wärme des Dampfes bey hohen und niedrigen Temperaturen. — Nach Versuchen, die ich in Gren's n. Journal der Physik 4. B. S. 314. bekannt gemacht habe, fand ich die specifische Wärme des Wasserdampfs
bey 82° R $5\frac{1}{3}$ mahl größer
bey 93° R $4\frac{5}{6}$ — —
bey 100° R 4,55 — —
als Wasser von gleicher Temperatur. Die drei Versuche geben für die specifische Wärme des Wasserdampfs bey 80° die constante Größe

$$\left.\begin{array}{l} 437\frac{1}{3}° - 2° = 435\frac{1}{3} \\ 449\frac{1}{2}° - 13° = 436 \\ 455° - 20° = 435 \end{array}\right\} 435{,}5° \text{ Mittel}$$

und rückwärts für jede Temperatur des Wasserdampfes = t

über 0° den einfachen Ausdruck für die specifische Wärme = 355,°5 + t R.
Multipliciren wir die Zahl mit der Dichte des Dampf's für dieselbe Temperatur, so erhalten wir das Verhältniß des Feuerungsaufwands für bestimmte Mengen von Dampf bey verschiednen Temperaturen.

Die Rechnung giebt für Dämpfe von 80° = 197,7
96° = 391,9
welches Verhältniß dem 1 : 2 sehr nahe kommt. Das Verhältniß der Spannkräfte ist genau = 1 : 2. Hiernach zu urtheilen, würde eine gleiche Menge von Wärme erfordert, um ein bestimmtes Gewicht von Wasser in Dampf zu verwandeln, die Temperatur und Spannkraft des Dampfes möchte hoch oder niedrig seyn. Man würde aber dem ungeachtet irren, wenn man daraus die Folge ziehen wollte: die mechanische Wirkung des Dampfes bleibe bey hoher und niedriger Spannkraft gleich, wenn der Feuerungsaufwand gleich ist. Dieß wird folgendes Beyspiel sehr deutlich zeigen.

Wir wollen uns 1 Cubikfuß Dampf von der doppelten Spannkraft der Atmosphäre, und einen Cubikfuß Dampf von der 10fachen Spannkraft denken, beide auf einen Kolben von 1 Quadratfuß Oberfläche wirkend, bis sie sich zum einfachen Atmosphärendruck entspannt haben. Da nun die mechanischen Effecte nicht von der momentanen Pressung, sondern von der Summe der Wirkungen abhängen, die Spannkräfte der sich entspannenden Dämpfe aber stets im verkehrten Verhältnisse der Räume stehen, durch welche sie sich ausgedehnt haben, so steht die Summe aller Wirkungen im zusammengesetzten Verhältnisse der anfänglichen Spannungen, und der Logarithmen der Räume. Dieß giebt in unserm Beyspiel das Verhältniß der mechanischen Wirkungen = 2 log 2 : 10 log 10
= 0,6 : 10
6 : 100
Das Verhältniß des Feuerungsaufwands würde vermöge obigem 2 : 10 = 1 : 5 seyn. Dividiren wir dieses in jenes, so bleibt bey gleichem Feuerungsaufwand das Verhältniß der mechanischen Effecte = 6 : 23.

Ueber Dampffiltrirmaschinen, Dampfpressen, sehe man die darüber erschienenen Schriften von Romershausen, auch Dingler's polytechnisches Journal 10. B.

Entstehung von Wärme und Licht, Feuererscheinungen.

§. 210.

Wenn die Wärmeentbindung schnell und in einem so hohen Grade erfolgt, daß sie zugleich mit Lichterscheinung verknüpft ist, so nennen wir dieß zusammengesetzte Phänomen Feuer. Es kann daher überall Feuer entstehen, wo durch irgend eine Ursache eine so große Menge von Wärme plötzlich frei wird, um sich zugleich als Licht zu äussern. Man kann sich dieß nach den oben angeführten beiden Vorstellungsarten über die Ursache der Wärme folgendermaaßen erklären, betrachtet man 1tens die Wärme als etwas Materielles, als Licht, das eine träge Materie in strahlende Bewegung versetzt hat, die auf unser Gefühl als Wärme wirkt, so müssen wir auch umgekehret annehmen, daß eine solche Verdichtung des Wärmestoffs entstehen könne, wobey ein Theil jenes trägen Stoffes wieder ausgeschieden, und das Licht seiner ursprünglichen Natur zurückgegeben wird. Denken wir uns dagegen unter der Ursache der Wärme eine schwingende Bewegung, die von den Schwingungen des feinen Aethers (den Lichtwellen) in die gröbere Materie übergegangen ist, so müssen wir auch zugeben, daß die Wärmeschwingungen der gröbern Materie so intensiv stark, und so schnell auf einander folgend werden können, um sich dem feinern Aether mitzutheilen, und so Lichtwellen zu werden.

Die Feuererscheinungen werden nun vermöge der Erfahrung auf unserer Erde vorzüglich da hervorgebracht, wo durch das Spiel der chemischen Verwandtschaft oder durch das Streben der entgegengesetzten Electricitäten nach Einigung eine neue und innigere Verbindung oder auch

nur durch mechanische Kräfte eine plötzliche Verdichtung der materiellen Stoffe erzeugt wird.

Eine Hauptquelle der Feuererscheinungen auf unserm Erdkörper sind die eigentlichen mit Oxydation verknüpften Verbrennungsprocesse. Wir wissen bereits aus dem Vorhergehenden, daß hierbey der Sauerstoff der Atmosphäre von dem verbrennlichen Körper angezogen und verdichtet wird. Lavoisier suchte daher die Quelle alles Feuers in der Verdichtung des Sauerstoff's, welchen Satz aber viele neuere Erfahrungen widersprechen. Man denke z. B. an das Erglühen und Brennen der Metalle in Schwefel- und Chlor-Gas. Indessen ist nicht zu leugnen, daß bey weitem die meisten Feuererscheinungen auf der Oberfläche unsrer Erde wegfallen würden, wenn die Atmosphäre keinen Sauerstoff enthielte, oder auch nur in einen solchen Körper übergieng, welcher nicht so geneigt wäre, seinen Sauerstoff an die verbrennlichen Körper abzugeben, wie z. B. viele mephitische Gasarten, die in ihrer Grundmischung Sauerstoff enthalten.

Aus dem Vorstehenden lässet sich die Wirkungsart der Feuerlöschmittel erklären. Man kann sie auf drei Arten zurückbringen, 1) solche, die durch Temperaturerniedrigung den Verbrennungsproceß unterdrücken, 2) solche, welche durch Abhaltung des Sauerstoffs wirken, 3) solche, welche durch ihre eigne chemische Kraft den Verbrennungsproceß unterdrücken, wie z. B. die mephitischen Gasarten. Die erste Classe von Löschmittel ist in der Regel die am meisten zur Hand seyende, und eben daher die wirksamste. Dahin gehöret vor allen das Wasser, welches wir in die Gluth spritzen. In hinlänglicher Menge angebracht, erzeugt es durch schnelle Verdünstung eine solche Temperaturerniedrigung, daß der Verbrennungsproceß nicht fortdauern kann. Eben daraus fliesset wieder die praktische Löschregel: man soll das Wasser in hinlänglicher Menge, und von unten herauf wirken lassen. Denn wollte man oben zuerst löschen, so würde der hier unterdrückte Verbrennungsproceß, durch die von unten aufsteigende Hitze bald wieder

erzeuget werden. Zu wenig Wasser bringt keine hinreichende Erkältung hervor, und kann selbst durch Zersetzung in seine Bestandtheile dem Feuer Nahrung geben.

Unter die zweite Classe von Löschmittel gehören Auflösungen von unverbrennlichen Salzen und Erden (Alaun, Eisenvitriol, Thonerde u. dergl. mit Wasser verdünnt), die man in die Glut spritzt, und welche nach Verdünstung des Wassers einen den Sauerstoff abhaltenden Ueberzug bilden. Wirksamer sind diese Stoffe, wenn man sie nicht als Lösch- sondern als Feuerverwahrungsmittel anwendet, indem man Holz, Stroh, und andere leicht entzündliche Stoffe damit überzieht. Die dritte Art von Löschmittel lässet sich nur in seltnen Fällen, aber dann auch mit vielem Erfolg anwenden, wie z. B. bey brennenden Kaminen, oder überhaupt bey einem in eingeschlossenem Raume ausgebrochnen Feuer. Schwefeldämpfe sind hier zu empfehlen, oder auch nur ein sorgfältiges Verschliessen des Raums, da alsdann das Feuer durch sich selbst erstickt, weil sich bald soviel kohlensaures Gas entwickelt, um den fernern Verbrennungsproceß zu hemmen.

§. 211.

Obgleich bey einer hinlänglichen Temperaturerhöhung jede Wärme in den Zustand des Leuchtens übergehen kann, so würde man doch irren, wenn man den Wärme-Grad der leuchtenden Hitze in allen Körpern für einerlei halten wollte, vielmehr ist derselbe nach der Beschaffenheit der Körper sehr verschieden. Manche Körper fangen schon bey sehr niedrigen Temperaturen im Dunkeln an zu leuchten, die eigentliche Phosphoren, andere erfordern eine hohe Temperatur, bevor sie anhaltend leuchten, welches man Glühen nennt. Man hielt wohl sonst die Hitze des anfangenden Glühens für einen beständigen Wärmegrad (er ist oben für das glühende Eisen angegeben worden). Indessen scheint selbst bey den Metallen die Glühehitze verschieden zu seyn, z. B. bey der Platina niedriger als bey dem Silber, bey diesem niedriger als bey dem Eisen. Ganz auffallend wird aber der Unterschied, wenn man die Metalle und andere

dichten Körper, mit den lockern und durchsichtigen Gasen vergleicht. Hierüber hat besonders Davy lehrreiche Versuche angestellet und in einer im Jahr 1817 der K. Gesellschaft der Wissenschaft zu London vorgelegten Abhandlung über die Flamme bekannt gemacht. Jede Flamme ist ein vom brennenden Körper aufsteigendes und bis zum Glühen erhitztes Gas, dessen Leuchtkraft keineswegs mit der Hitze im Verhältniß steht. Der starke Glanz mancher Flammen rühret von verflüchtigten festen Körpern her, die an sich undurchsichtig sind, hier aber sich im Zustande des Glühens befinden, und einen desto größern Glanz geben, je besser Lichtreflectoren sie sind. So rühret z. B. der helle Theil der Flamme unsrer gewöhnlichen Talg- Wachs- oder Oehllichter, von verflüchtigtem unverbrannten Kohlenstoff her, welcher bis zum Glühen erhitzt ist. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man einen kalten Körper, z. B. ein Stück Metall, in jenen Theil der Flamme hält, da er sich denn augenblicklich mit Ruß überzieht. Eben so besteht die glänzende Flamme des brennenden Phosphors aus verflüchtigter weißglühender Phosphorsäure; auf ähnliche Weise bestehen die Flammen der im Sauerstoffgas verbrennenden Metalle, aus glühenden Dämpfen der Oxyden dieser Körper. Die Flamme der eigentlichen durchsichtigen Gasarten besitzen bey einer geringern Lichtstärke eine viel größere Hitze als glühende feste Körper oder deren Dämpfe. Daher ist in den gewöhnlichen Talch- und Oehlichtern die größte Hitze an der Spitze der innern durchsichtigen blauen Flamme, welche aus glühendem kohlensauren Gas und Wasserdampf besteht. Heiße Luftarten können daher andere feste Körper zum Glühen bringen, wenn sie gleich selbst nicht glühen, und umgekehret können selbst glühende feste Körper noch abkühlend auf heiße Gasarten wirken. Man halte

z. B. einen feinen Platinadrath dicht neben die Flamme einer kleinen Weingeistlampe, und bedecke den Augen das Licht der Flamme, so wird man den Drath an einer Stelle glühen sehen, wo blos heiße Luft und keine Flamme ist. Davy ordnet nach seinen Beobachtungen die Hitze verschiedner Flammen, von der geringern angefangen, folgendermaaßen.

Flamme des Phosphors, des Schwefels, der gewöhnlichen Kerzenlichter, des Weingeist's, des Wasserstoffgases, des Steinkohlengases, des Oehlbildenden Gases.

§. 212.

Je heißer eine Flamme ist, desto leichter lässet sie sich unter die Temperatur ihrer Glühehitze abkühlen, d. i. als Flamme vernichten oder zurückhalten. Das Abkühlungsvermögen eines Körpers wird desto größer seyn, ein je vollkommnerer Leiter der Wärme er ist, je mehr Berührungspuncte er dem heißen Körper darbietet, und je länger die Berührung dauert. Auf diese durch die Theorie und Erfahrung bewährten Sätze hat Davy die Construction seiner Sicherheitslampe gegründet, wodurch man in den Stand gesetzt wird, sich mit einem angezündeten Licht, mitten in ein explodirendes Gasgemenge zu begeben, ohne Gefahr daß sich dasselbe entzünde. Ehe wir die nähere Einrichtung dieser Lampe beschreiben, wollen wir uns mit folgenden Versuchen bekannt machen. Man nehme ein Geflechte von Eisendrath von $1/60$ Zoll Dicke, welches 100 Oeffnungen oder Maschen auf einen Quadratzoll enthalte. Ein solches Gewebe lässet die Flamme des Phosphors, des Schwefels, und der gewöhnlichen Oehllichter durch, hält dagegen die Flamme einer Weingeistlampe zurück, stark erhitzt lässet es auch diese durch, aber bis zum Glühen erhitzt, hält es

noch die Flamme des Oehlbildenden, und des Steinkohlengases zurück. Ein feines Metallgewebe von 700 Oeffnungen auf den Quadratzoll hält selbst die Flamme des Phosphors zurück. Die abkühlende Kraft eines Drathgewebes vermehrt sich mit der Feinheit und Menge der Maschen, und der Ausdehnung welche man seiner Oberfläche giebt, weil der heiße Gasstrom desto mehr an seiner Geschwindigkeit verlieret, und in desto mehr Berührungspuncte mit der abkühlenden Oberfläche kommt, in je mehr einzelne Theile er sich zertheilen muß. Man kann dicht über ein feines Drathgeflechte, das selbst über der Flamme einer Weingeistlampe steht, ein Stückchen Zündschwamm oder ein Körnchen Schiespulver halten, ohne daß sich diese Körper entzünden, wenn sie mit dem glühenden Geflechte nicht in unmittelbare Berührung kommen.

Davy's Sicherheitslampe, welche vorzüglich den Arbeitern in Steinkohlenwerken, wo sich oft entzündliches Gas in großer Menge entbindet, zu empfehlen ist, hat im Wesentlichen, folgende Einrichtung. D Fig. 129 bezeichnet eine Oehllampe, welche rund um mit einem cylinderförmigen Drathgewebe umgeben ist, das durch metallene mit Schrauben versehne Stangen unten an dem Deckel des Oehlgefäßes und oben durch eine Metallplatte festgehalten wird. Das Oehlgefäß ist überall verschlossen; das Nachfüllen des Oehls geschieht durch eine seitwärts angebrachte Röhre C, die sich nahe am Boden des Oehlgefäßes öffnet, und oben mit einem Deckel fest verschlossen werden kann. Der untere Theil des Drathgeflechtes besteht aus weitern Maschen, um den Luftzug zur Lampe zu befördern. Der obere Theil ist doppelt und eng geflochten, um zu verhüten, daß, wenn das unten eindringende Gas sich an der Flamme im innern entzünden sollte, es oben nicht herausbrennen, noch weniger das umgebende Gas anzünden könne. Ueber G ist noch ein spiralförmig gewundner dünner Platinadrath angebracht, welcher die Stelle des Lichts ersetzt, falls dieß durch einen zu häufigen Andrang des mephitischen Gases erlischt, indem der Platinadrath in dem erhitzten entzündlichen Gase erglüht, und darin zu glühen fortfähret, ohne das Gas

selbst zu entzünden. Davy hat sich durch Versuche überzeugt, daß die Masse des erhitzten Körpers, wodurch ein verbrennliches Gas entzündet werden kann, in einem gewissen Verhältnisse mit dem Hitzgrade steht, wobey ein Gas brennet. Z. B. ein kirschrothglühender Eisendrath von $1/_{40}$ Zoll im Durchmesser entzündet das Wasserstoffgas, aber nicht das Oehlbildende Gas; ist er $1/_8$ Zoll dick, so lässet sich auch das Oehlbildende Gas damit entzünden.

---

§. 21.

Je geringer die Temperatur ist, bey welcher ein Körper brennen kann, desto entzündlicher ist er. Hierauf beruht die Verfertigung der sogenannten chemischen Feuerzeuge. Die meisten derselben enthalten Phosphor in ihrer Zusammensetzung, der durch eine anfangende und dann unterdrückte Oxydirung in zugeschlossenen gläsernen engen Flaschen, oder durch Zusatz von etwas Schwefel noch entzündlicher gemacht werden kann. Taucht man ein gemeines Schwefelhölzchen in eine solche Mischung, so ist die Reibung beym Herausziehen des Hölzchens in dem engen Hals der Flasche schon hinreichend den Phosphor zu entzünden, der dann den Schwefel entzündet. Solche Flaschen müssen beym Nichtgebrauch wohl verschlossen bewahret werden. Eine andere Art dieser Feuerzeuge beruht auf der leichten Entzündlichkeit der Chlorsauren Salze mit Schwefelphosphor und ähnlichen Körpern. Man klebe z. B. an einem Schwefelhölzchen eine Mischung von chlorsaurem Kali und Zinnober fest, taucht man ein so zubereitetes Schwefelhölzchen in concentrirte Schwefelsäure und zieht es schnell heraus, so entzündet es sich von selbst. Die Erklärung der Erscheinung ist: Die Schwefelsäure erhitzt sich durch Anziehung der Feuchtigkeit aus der Luft und entzündet dadurch das Chlorsalz mit dem Zinnober, der dann den

Schwefel entzündet. Bey dem Gebrauch aller solcher Feuerzeuge ist viele Vorsicht zu empfehlen, daher sie nicht für Ungeübte gehören.

Der entzündlichste unter allen Körpern, die wir bis jetzt kennen, ist das Kalium. Es geht in die Zusammensetzung des sogenannten Phosphors (Feuerträgers, Luftzünders) ein, der aus gebranntem Alaun und fein zertheilter Kohle durch mäßiges, aber doch hinlängliches, Glühen in Flaschen mit engen Oeffnungen bereitet wird. Durch die Einwirkung der Kohle in der Glühhitze desoxydiret sich die Schwefelsäure und das Kali in dem Alaun, und es bildet sich Kalium, Schwefel, vielleicht auch Aluminium mit fein zertheilter in Klümpchen zusammenhaltender Kohle gemischt. Schüttet man diesen Körper an einer feuchten Luft aus der Flasche, oder haucht ihn an, so entzündet er sich von selbst und verbrennt mit Schwefelgeruch. Im Sauerstoffgas verbrennt er mit glänzender Flamme.

§. 214.

Beym Schlusse dieses Abschnitts wollen wir der merkwürdigen knallenden Metallsalzen erwähnen, die bey dem geringsten Stosse, oder Temperaturerhöhung mit furchtbarer Heftigkeit unter Feuererscheinung explodiren. Die am frühsten bekannte Mischung der Art ist das Knallgold, das erhalten wird, wenn man die Auflösung des Goldes in Königswasser durch Ammoniak fället. Bey der Explosion reducirt sich das Gold, und es entbindet sich (wahrscheinlich) Wasserdampf und Stickgas. Später entdeckte Bertholet ein Knallsilber, darauf Brugnatelli noch eine andere Bereitungsart des Knallsilbers, durch Auflösung dieses Metalles in Salpetersäure und Fällung mit Weingeist, und Howard eine ähnliche des Knallquecksilbers.

Diesem fügte Liebig die Entdeckung hinzu, daß in diesen Salzen das eigentliche knallende Princip die Natur einer Säure besitze, und sich von einer Basis auf die andere übertragen lasse. Die Zusammensetzung der sogenannten Knallsäure besteht nach Gay Lüssac und Liebig aus Kohlen-, Stick- und Sauerstoff. Bey der Explosion bilden sich ohne Zweifel kohlensaures Gas und Stickgas.

Es bleibt immer räthselhaft, woher die furchtbare Kraft der Explosion bey diesen Salzen komme, und merkwürdig, daß in allen der Stickstoff ein wesentlicher Bestandtheil ist.

Darf man ältern Beobachtungen trauen, welche man über die Wirkungen des Knallgoldes angestellet hat, so findet die heftigste Wirkung dieser fulminirenden Substanzen dann Statt, wenn sie in Berührung mit festen Körpern im Freien detoniren, dagegen die Wirkung geringer ausfallen soll in verschlossenen aber geräumigen Gefäßen. (Daß sie sich nur nach einer Gegend hin, vorzüglich nach unten äussern solle, ist, nach mündlicher Mittheilung von Liebig, erwiesen falsch.) Man wird geneigt zu glauben, daß die Heftigkeit der Wirkung nicht sowohl von den bey der Explosion sich entwickelnden Gasarten, als vielmehr von einer imponderablen mit unmeßbarer Geschwindigkeit strahlenden Flüssigkeit (wie wir uns die electrische denken) herrühren, die nur gegen träge Massen wirkend eine bedeutende Spur ihrer zerstöhrenden Kraft zurück lässet. So wie der Blitz die Luft leicht zertheilet, feste Körper zerschmettert. Sollte der in dem Augenblick der Entzündung sich bildende dichte metallische Dunst, durch jene strahlende Flüssigkeit fortgeführet, die furchtbaren Wirkungen erzeugen?

Zehnter Abschnitt.

Vom Lichte.

Hypothesen über dasselbe.

§. 215.

Die Ursache, wodurch wir ferne Körper durch den Sinn des Gesichts wahrnehmen, heißen wir Licht. Daß sich von den Körpern zu unserm Auge eine gewisse Wirkung fortpflanzen müsse, ist keinem Zweifel unterworfen, wie aber diese Wirkung eigentlich beschaffen sey, und worin die wahre Natur des Lichts bestehe, darüber sind die Meinungen getheilet, und schwerlich werden wir die Frage mit absoluter Gewißheit entscheiden, da sich das Licht an sich unsern Sinnen entziehet. Ziehen wir die Analogie von andern sinnlichen Wahrnehmungen zu Rathe, so bieten sich vorzüglich zweierlei Vorstellungsarten über die Natur des Licht's dar. Wir wissen, daß der Schall und die Töne auf Luftschwingungen beruhen, die sich unsern Ohren mittheilen, und so von uns gehöret werden. Eben so wissen wir, daß die sinnlichen Wahrnehmungen des Geruchs, des Geschmacks durch Körper erreget werden, wel-

che entweder unmittelbar die für jene Eindrücke empfänglichen Nervenenden berühren, oder durch feine Ausläufe ihnen zugeführet werden. Hiernach hat man zwei Hypothesen über das Licht gebildet. Die erste nimmt an, das Licht bestehe in Schwingungen eines feinen durch den Weltraum verbreiteten elastischen Aethers, welche Schwingungen durch die Sonne und andere leuchtende Körper erreget würden, und so endlich zu dem Auge gelangten, und sich dem Sehnerven mittheilten. Diese Hypothese heißt das Vibrations- oder Undulationssystem. Die andere Vorstellungsart nimmt an, es strahle aus den leuchtenden Körpern eine höchst feine Materie nach allen Richtungen durch den Raum, deren Theilchen, wenn sie mit unserm Auge in Berührung kommen, in uns die Empfindung des Sehens erregen. Dieß ist das Emanationssystem. Jede dieser Hypothesen an sich ist zulässig, und diejenige, welche die verschiednen Erscheinungen des Lichts am befriedigendsten erkläret, wird den Vorzug verdienen. Aber die Entscheidung fällt schwer, da wir jetzt mehrere Eigenschaften des Lichts kennen gelernt haben, die sich bald nach der einen bald nach der andern Vorstellungsweise befriedigender erklären. Das Emanationssystem bleibt dem sinnlichen Scheine, man möchte sagen dem Gefühle näher, welches wir haben, wenn wir von den Strahlen der Sonne getroffen werden. Es ist besonders für einen gemeinfaßlichern Vortrag geeigneter, und erkläret unstreitig manche Phänomenen des Lichts, namentlich die Brechung und die verschiedne Brechbarkeit und Farbenzerstreuung, so wie die chemischen Wirkungen des Licht's befriedigender aus den Verwandtschaftsgesetzen, als die Undulationstheorie aus den Schwingungsgesetzen der elastischen Flüssigkeiten. Der zweite Grund bestimmt mich hier dem Emanationssystem zu folgen, und nur hier und da die Erklärungsart der andern

Hypothese anzuführen, wo sie befriedigender erscheinet. Uebrigens muß man sich wohl bemerken, daß bey weitem die meisten Schlüsse, welche in der Folge aus den Gesetzen der geradlinigen Verbreitung, der Brechung und Zurückstrahlung des Lichts über die Bewegung des Lichts gezogen werden, ganz unabhängig von jeder Hypothese über den physischen Grund des Lichts sind. Es ist dieß der mathematische Theil der Optik, und derjenige, dem wir die Theorie und Vervollkommnung der optischen Werkzeuge verdanken.

§. 216.

Es giebt gewisse Körper, wie die Sonne und die meisten Sterne (Fixsterne), die brennenden Körper auf unsrer Erde, welche ein Vermögen besitzen, Licht aus sich selbst zu entwickeln. Diese Körper heißen überhaupt leuchtende, auch selbst leuchtende, Körper. Dagegen giebt es andere dunkle Körper, die wir nur dann sehen können, wenn sie Licht von einem leuchtenden Körper empfangen, und dieß durch Zurückstrahlung unserm Auge zusenden; dahin gehören die meisten Körper auf der Oberfläche der Erde, unsre Erde selbst und die Planeten unsers Sonnensystems, wie die Erscheinungen von Tag und Nacht, die Finsternisse an Sonne und Mond, die Vorübergänge des Merkurs und der Venus vor der Sonnenscheibe als schwarze dunkle Körper, die Bedeckungen der Nebenplaneten u. s. w. beweißen.

Die Kometen sind nach der Meinung mancher Astronomen Weltkörper, welche zwischen den leuchtenden und dunkeln Körper inne stehen. Wenigstens hat man an den leuchtenden Schweifen mancher Kometen Erscheinungen beobachtet, die sich nicht wohl aus dem reflectirten Sonnenlicht erklären lassen.

Auch auf der Oberfläche der Erde finden sich viele Körper, welche gewissermaaßen einen Uebergang von den dunkeln zu den leuchtenden Körpern bilden. Man nennt sie Phosphore oder Lichtträger. Man versteht darunter diejenigen Körper, welche, wenn sie dem Sonnen-, Tages oder Kerzenlicht ausgesetzt, dann in das Dunkel gebracht werden, eine Zeitlang zu leuchten fortfahren. Dahin gehören vorzüglich die Fluß-, Schwer- und Kalkspathe, die ächten Edelsteine und viele andere Körper, die Metalle ausgenommen.

Wir wissen bereits aus dem vorhergehenden Abschnitt, daß alle Körper durch eine hinlängliche Temperaturerhöhung leuchtend werden. Eben so können durch plötzliche Zusammenpressung, durch Stoßen und Reiben der Körper aneinander, durch die Kraft, welche aus flüssigen Körpern Krystalle bildet, vorübergehende Lichterscheinungen hervorgerufen werden, welche wenigstens zum Theil elektrischer Art zu seyn scheinen. Wer das Licht als etwas materielles betrachtet, kann sich gebundenes Licht, wie gebundene Wärme, in den dunkeln Körpern denken, welches durch die erwähnten Processe frei werde.

Die hierher gehörigen Erscheinungen findet man sehr vollständig aufgeführet in folgendem Buch: Die Phosphorescenz von Placidus Heinrich. Nürnberg 1811 — 15.

§. 217.

Die dunkeln Körper selbst können wir in Hinsicht ihres Verhaltens gegen das Licht in drei Klassen bringen. 1) Körper, welche das auf sie fallende Licht durchlassen, durchsichtige Körper. 2) Körper, welche das auffallende Licht zurückstrahlen, die weißen und spiegelnden Körper, 3) diejenigen Körper, welche das auf sie fallende Licht weder zurückwerfen noch durchlassen, sondern wie man saget verschlucken, dieß sind die schwarzen Körper.

Strenge genommen giebt es weder vollkommen durchsichtige, noch vollkommen spiegelnde, noch vollkommen schwarze Körper, sondern es vereinigen sich die drei Eigenschaften in den

dunkeln Körpern mit einander, und nur nachdem die eine oder die andere vorherrschend ist, wird der Körper zu einer der drei genannten Klassen gerechnet. Einen absolut schwarzen Körper so wie einen vollkommen durchsichtigen würden wir gar nicht sehen, und einen vollkommnen Spiegel würden wir nur dann gewahr werden, wenn sich das Auge in der Richtung der reflectirten Strahlen befände, und auch hier würden wir nicht den Spiegel, sondern nur die von ihm reflectirten Bilder sehen. Alles dieß widerstreitet der Erfahrung. Der durchsichtigste Körper auf der Erde ist die Luft. Daß indessen auch sie nicht vollkommen durchsichtig ist, beweiset die blaue Farbe des Himmels, welche sich nach dem Grade der Durchsichtigkeit der Luft verändert, und der gemilderte Glanz der Sonne, wenn sie nahe am Horizont steht. Wäre die Luft absolut durchsichtig, so müßte der Himmel schwarz erscheinen. Je durchsichtiger sie ist, desto dunkelblauer erscheinet er uns. Dieß gab Saussüre Gelegenheit zur Erfindung seines Kyanometers. Eine kreißförmige Scheibe, auf welcher 52 Farbenabstufungen von blau, vom Weißen bis zum Schwarzen angebracht sind, die mit der Farbe des Himmels verglichen werden.

§. 218.

Der folgende Versuch dienet das verschiedne Verhalten der Körper gegen das Licht, anschaulich zu machen.

Man verfinstere ein gegen die Sonne gelegnes Zimmer durch Verschliessung der Läden, und bringe nur in einem derselben eine kleine Oeffnung an, durch welche ein von der Sonne kommender Lichtbündel schräge abwärts gegen den Boden fallen könne. Legt man an die Stelle, wo das Licht der Sonne den Boden trifft, ein Stückchen recht schwarzes Tuch, so wird dasselbe durch die Sonnenstrahlen nur wenig erleuchtet erscheinen. Vertauscht man das schwarze Tuch mit einem weißen Blatt Papier, so erscheint dieß hell erleuchtet, und zwar nach jeder Richtung, das Auge des Beobachters mag seine Stelle verändern wie man will. Fängt man die einfallenden Strahlen, bevor sie den Boden erreichen, mit einem unbelegten Spiegelglase

auf, so erreicht nur ein Theil derselben den Boden, ein anderer Theil wird von der Oberfläche des Spiegels nach der Decke des Zimmers zurückgeworfen, und noch ein dritter Theil wird nach allen Richtungen zerstreuet; dieser Theil des Lichtes ist es, welcher uns die Oberfläche des Spiegels selbst sichtbar macht. Vertauschet man das dünne Spiegelglas, mit einem dicken Glaswürfel, und lässet das einfallende Licht schief durch zwei parallele Oberflächen des Würfels gehen, so werden zwar noch die durchgehenden Lichtstrahlen den Boden erreichen, sie werden aber aus der geraden Richtung, die sie vorher von der Oeffnung nach dem Boden nahmen, etwas verrückt erscheinen. Dreht man endlich den Glas-Würfel so um seine wagrechte Axe, daß die durch ihn gehenden Lichtstrahlen zwei seiner Seitenflächen durchdringen müssen, die einen Winkel mit einander bilden, so wird dann das auf den Boden fallende Licht sehr verrückt und zugleich farbigt erscheinen, welches man die Brechung und Farbenzerstreuung des Lichtes nennt.

Dieser Versuch macht uns also mit mehreren Eigenschaften des Lichtes bekannt. Wir werden dabey dreierlei Arten der Bewegung des Lichtes gewahr. Erstens die geradlinige Fortpflanzung desselben, zweitens die Zurückstrahlung von spiegelnden Oberflächen, drittens die Ablenkung des Lichtes von der geraden Richtung durch die Brechung desselben in durchsichtigen Körpern. Hiernach zerfället die Lehre von dem Lichte in drei Hauptabtheilungen, die Optik, Katoptrik und Dioptrik, daran schliessen sich noch die Lehren von der Beugung und die in neuern Zeiten entdeckte Polarisation des Lichtes an. Wir müssen nun der Reihe nach jeden dieser Theile näher betrachten.

Von der geradlinigen Verbreitung des Lichtes.

§. 219.

Es bezeichne l Fig. 130 einen leuchtenden Punct, welcher nach allen Gegenden des Raumes Lichtstrahlen aussendet, die sich wie die Halbmesser einer Kugel von dem Mittelpunct aus rund um verbreiten. Denkt man sich von l aus mit verschiednen Halbmessern la, lc, zwei Kugelflächen beschrieben, so wird dieselbe Menge von Licht, welche in dem kegelförmigen Raume lab enthalten ist, in Beziehung auf die größere Kugel in dem Raume lcd vorhanden seyn. Hieraus folget, daß die Dichte der Lichtstrahlen in den Kreißflächen ab, cd, in dem verkehrten Verhältnisse der Größe dieser Flächen, d. i. im verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Halbmesser oder der Entfernungen von dem leuchtenden Puncte stehen. Man sagt daher, die von einem leuchtenden Körper herrührenden Erleuchtungen nehmen ab, wie die Quadrate der Entfernungen wachsen. Denn was von einem leuchtenden Puncte gilt, gilt auch von mehreren neben einander gestellten.

Auf das eben angeführte Gesetz gründen sich Lichtmesser, wodurch man die Stärken verschiedner Lichter unter einander vergleichen kann. Es bezeichne AB Fig. 131 eine Licht und Schatten auffangende weiße Fläche, l, L zwei vor sie gestellte Lichter, c ein dunkler Stift, welcher das von l, und L kommende Licht in den Richtungen ca, cb auffängt, und dadurch auf AB zwei neben einander parallel laufenden Schatten bildet. Nun wird ein Schatten desto schwärzer erscheinen, je heller das Licht ist, durch dessen Auffangung er gebildet wird. Entfernt man das hellere Licht L so lange, bis der von ihm durch den Stift c geworfene Schatten gleich schwarz mit dem Schatten b des Lichts l erscheint, misset dann die Entfernugen CL, cl, so druckt das Verhältniß ihrer Quadrate die Lichtstärke von L und l aus. Wir verdanken Rumfurd diesen Photometer.

Die folgende Tafel enthält die von der Sonne herrührende Erleuchtungen in unserm Sonnensystem, und die mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne, wenn beide für unsre Erde = 1 genommen werden.

	Entfernung	Erleuchtung
Merkur	0,4	6,9
Venus	0,71	1,9
Erde	1,00	1,00
Mars	1,5	0,43
Vesta	2,3	0,184
Juno	2,6	0,146
Pallas	2,8	0,131
Ceres	2,8	01,131
Jupiter	5,1	0,038
Saturn	9,5	0,0111
Uranus	19,0	0,00278

Da in der Regel bey dem nicht farbigen weißen Lichte die erwärmende Kraft mit der leuchtenden im Verhältnisse steht, so dienet jeder empfindliche Thermometer zugleich als Photometer.

Vorzüglich schickt sich das Fig. 119 abgebildete Differentialthermometer dazu, wenn man die eine Kugel a desselben schwärzet, die andere b durchsichtig lässet. Werden nun beide Kugeln von einerlei Licht getroffen, so erwärmt sich die geschwärzte Kugel in dem Verhältnisse mehr, wie die Intensität des Lichtes stärker ist, und der bewegliche Tropfen xy beweget sich nach der Seite von b.

Zu den Versuchen ist es bequem, dem Theil cd des Werkzeugs eine solche Biegung zu geben, damit die beiden Kugeln a und b nahe bei einander zu stehen kommen. Schon vor mehreren Jahren hatte der Verfasser die erwärmende Kraft der Mond'sstrahlen zu prüfen gesucht, konnte aber kein sicheres Resultat erhalten. Neuerlich will Howard mit einem ähnlichen Apparat wirklich eine erwärmende Kraft des Mondlichtes wahrgenommen haben.

§. 220.

Wenn der leuchtende Punct oder Körper von dem erleuchteten Gegenstand immer weiter in's unendliche hinaus-

rückt, so geht das divergirende Licht Fig. 130 in paralleles Licht wie Fig. 132 über. Da nun die Strahlen der Sonne, welche von einem Punct derselben ausgehen, und die entgegengesetzten Enden eines Durchmessers der Erde treffen, nur einen Winkel von 17 Secunden mit einander machen, so kann man annehmen, alles von einerlei Puncten der Sonne auf die ganze Oberfläche der Erde fallende Licht sey unter einander parallel. Bezeichnet a l, b l Fig. 132 solche parallelle Lichtstrahlen, welche die Flächen a b treffen, so erhellet, daß auf die schief gestellte Fläche a b nicht mehr Lichtstrahlen fallen, als auf die kürzere d b, welche das Licht senkrecht auffängt. Hieraus folget, daß die Menge des auffallenden Lichts, bei gleicher Größe der auffangenden Ebne, aber verschiednen Einfallswinkeln sich wie der Sinus des Einfallswinkels verhalte. Denkt man sich die erwärmende Kraft des Sonnenlichts als eine Function aus der Menge der auffallenden Strahlen und der Größe ihres senkrechten Stosses f d, so würde jene Kraft dem Quadrate des Sinus des Auffallwinkels proportional seyn.

Man hat Versuche über die Größe des mechanischen Stosses des Licht's angestellet, indem man durch starke Brenngläser verdichtetes Sonnenlicht auf einen leicht beweglichen Hebel fallen lies, die Versuche fielen aber, wegen der durch die Hitze erregten Luftströme, nicht entscheidend aus. Doch beweißen sie so viel, daß, wenn irgend ein Moment des Lichtstosses existiret, dies höchst gering seyn müsse.

Verbindet man hiermit die ausserordentliche Geschwindigkeit des Licht's, vermöge welcher es in 8 Minuten 7½ Secunde den Halbmesser der Erdbahn von 20666800 geographischen Meilen, oder in einer Secunde über 42000 Meilen zurücklegt, so kann man daraus einen Schluß auf die unendliche Feinheit der Materie des Lichts machen. Nach Segners Versuchen über die Geschwindigkeit, mit welcher eine glühende Kohle in einem Kreise geschwungen werden muß, damit der ganze von ihr be-

schriebene Kreis dem Auge leuchtend erscheine, kann man schliessen, daß die Dauer des Eindrucks, welchen das Licht in unserm Auge macht, ungefähr eine halbe Secunde betrage, setzt man nur $^1/_{10}$ Secunde, so würde ein Lufttheilchen binnen dieser Zeit einen Weg von 5 Erdhalbmessern zurücklegen. In eben so großen Entfernungen von einander brauchen also die Lichttheilchen sich zu folgen, und die Wirkung derselben in unserm Auge wird uns als eine stets fortdauernde erscheinen. Dieß entkräftet einen Einwand, welchen man gegen die Materialität des Lichts, von der Störung der sich wechselseitig kreuzenden Lichtstrahlen entnommen hat.

Anmerkung.

Die große eben angeführte Geschwindigkeit des Lichts haben die Astronomen aus zwei Erscheinungen geschlossen. Erstens, aus der Verfinsterung der Jupiterstrabanten, welche zur Zeit der Opposition des Planeten etwa um 16 Minuten früher wahrgenommen werden, als zur Zeit der Conjunction, wo dieser Planet um den Durchmesser der Erdbahn weiter von uns entfernt ist. Diese Beobachtung verdankt man Olaus Römer. Zweitens, aus der von Bradley entdeckten Aberration der Fixsterne, vermöge welcher dieselben jährlich eine Ellipse um den Pol der Ekliptik (Erdbahn) beschreiben, deren halbe große Axe 20 Secunden im Bogen beträget, und parallel mit der Ekliptik, senkrecht auf dem Breitenkreise des Sterns steht. Es ist aber die Tangente eines Bogens von 20 Secunden = $^1/_{10313}$ des Halbmessers, welcher Bruch das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn darstellet, daher sich jene scheinbare Bewegung der Fixsterne durch die Zusammensetzung der Bewegung des Lichts mit der unsrer Erde in ihrer Bahn erkläret.

---

§. 221.

Die Menge der Lichtstrahlen, welche von einem leuchtenden Körper auf eine Fläche von gegebener Größe, z. B. die Oeffnung unsers Auges, fallen, hängt, ausser dem Sinus des Einfallswinkels, 1) von der scheinbaren Größe des leuchtenden Körpers, 2) von dem Sinus des Ausstrahlwinkels, welchen das Licht mit der leuchtenden Oberfläche macht, und endlich 3) von der Intensität des Lichts selbst ab. Der erste Satz ist an sich klar, desgleichen der letztere. Den zweiten kann man aus der gleichförmigen

Helligkeit ableiten, welche die Sonne, der Mond und die Planeten, sowohl in ihrer Mitte als gegen den Rand hin zeigen.

Es bezeichne a c b Fig. 133 einen durch das Auge des Beobachters gehenden Schnitt der sichtbaren Hälfte der Sonnenkugel, T die Gegend nach der Erde hin. Sind nun c c', n n' zwei Elemente der Sonnenoberfläche, welche dem Beobachter auf der Erde von gleicher Größe erscheinen, so wird die wahre Größe von nn' : cc in dem Verhältnisse von Sin. tot : Sin. amn seyn. Erscheinen also, wie es die Erfahrung lehret cc' und nn' von gleicher Helligkeit, so muß die Dichte des von nn' aus strahlenden Lichts in dem umgekehrten Verhältnisse jener Sinusse, d. i. im directen Verhältnisse des Ausstrahlwinkels stehen.

Wollte man die lichtreflectirende Kraft aller Planeten gleich groß annehmen (das aber schwerlich der Fall seyn dürfte, wie schon das verschiedne farbige Licht mit dem sie strahlen beweiset) so erhält man näherungsweise eine Vorstellung von den verschiednen Lichtmengen, welche die Planeten der Erde zusenden, wenn man die Quadratzahlen ihrer scheinbaren Durchmessers in der mittlern Entfernung von der Erde, durch die Quadrate der mittlern Entfernungen von der Sonne dividiret. Auf die Weise finden sich folgende Zahlen, den Glanz des Mondes zur Einheit angenommen.

Mond	—	1,00000000
Venus	—	0,00077540
Merkur	—	0,00012480
Mars	—	0,00002920
Jupiter	—	0,00001680
Saturn	—	0,00000008
Uranus	—	0,00000001

Fügt man hierzu die Bestimmung von Lambert und Bouguer, daß das Mondenlicht 280 bis 300 tausend mahl schwächer als das Sonnenlicht ist, so folget daraus die Geringfügigkeit der von unserm Planetensystem herrührenden Beleuchtung gegen die Beleuchtung der Sonne auf der Erde.

Wollte man dieselben Grundsätze von der geradlinigen Verbreitung des Lichts auf die Fixsterne anwenden, so würde man für die von ihnen uns zugesendeten Lichtmengen absolute Nullen erhalten, weil die scheinbaren Durchmesser dieser Weltkörper unmeßbar klein, und ihre Entfernungen unmeßbar groß sind. Dieß ist ein Beweis von der großen selbst leuchtenden Kraft dieser fernen Sterne, deren Glanz den der Planeten zum Theil übertrifft.

Uebrigens ist zu bemerken, daß der Glanz eines leuchtenden Körpers in unserm Auge, nicht von dessen Entfernung abhängt, weil in demselben Verhältniß, wie die Erleuchtung mit der Entfernung abnimmt, auch das Bild des Körpers auf der Netzhaut kleiner wird. Dieß hat schon Lambert erinnert. Jedoch finden auch hier gewisse Gränzen Statt, da die Erfahrung lehret, daß nicht sehr stark leuchtende Körper unserm Auge blos wegen der Kleinheit des Sehewinkels verschwinden.

Ueber die Leuchtkraft unsres künstlichen Lichtes sind noch mehr Versuche zu wünschen. Nach Rumfurd (siehe dessen kleine Schriften 4. B.) giebt eine argandsche Lampe noch einmahl so viel Licht, als eine gute Oehllampe mit bandförmigem Docht, und 9 mahl so viel als ein gutes Wachslicht. Bey gleichem ausstrahlenden Licht verhielten sich die Mengen der verzehrten Brennstoffe

von Wachs . . . . . . wie	100
Olivenöhl (in einer argandschen Lampe) . .	110
— (in einer gewöhnlichen Lampe) . .	129
Rüböhl ebenso	125
Leinöhl ebenso	120

Diese Zahlen stimmen nicht sonderlich mit neuern Beobachtungen.

Nach Preuß (Gilb. Annal. 76. B.) stehen die Lichtmengen, welche verbreitet werden durch das Verbrennen eines bestimmten Gewichts nachbenannter Materialen in folgendem Verhältnisse

Oehlgas (Gas aus Oehl bereitet)	1000
Oehl (in argandschen Lampen)	769
Kerzen oder Lichter (6 auf das Pfund)	
von Wallrath	493
— Wachs	465
— Talg	404

§. 222.

Es ist schon erwähnt worden, daß es keine vollkommen durchsichtige Körper giebt, und selbst die Luft einen bedeutenden Theil des Licht's zurückwirft und verschluckt. Daher erleidet das Sonnenlicht, und alles Licht der himmlischen Körper eine starke Schwächung bis es die Erde erreicht. Nach Bouguer erreichen nur $^{81}/_{100}$ des auf die Atmosphäre senkrecht fallenden Sonnenlichts die Oberfläche der Erde, nach Lambert sogar nur $^{59}/_{100}$. Das Verhältniß muß nach der verschiednen Durchsichtigkeit der Luft verschieden seyn. Nehmen wir dafür die Mittelzahl 0,65 und setzen mit Lambert den Logarithmen der Schwächung ($\lg \frac{1}{v}$ wo v das übrigbleibende Licht bezeichnet), der Secante der Zenithdistanz proportional, so drücken die nachstehenden Zahlen die Schwächung des Lichts bey verschiednen Sonnenhöhen aus.

Sonnenhöhe	Schwächung d. Lichts	Sonnenhöhe	Schwächung d. Lichts
90°	0,65	40°	0,51
80°	0,64	30°	0,42
70°	0,63	20°	0,28
60°	0,60	10°	0,08
50°	0,56		

So wie die Luft durch ihre lichtverschluckende Kraft den Glanz der Sonne auf der Oberfläche der Erde bedeutend mindert, so träget sie anderntheils durch ihre lichtzerstreuende und reflectirende Kraft wieder zur Erleuchtung, und besonders zur gleichmäßigern Vertheilung des Sonnenlichts während der verschiednen Tag's- und Jahreszeiten auf der Oberfläche der Erde bey. Ohne die Luft würde keine Morgen- und Abenddämmerung existiren, wodurch der für unser Auge wohlthätige Uebergang von der Nacht zum Tag vermittelt wird. Ohne die Luft würden wir neben dem strahlenden Lichte der Sonne, und dem glänzenden Reflex der Erde

das dunkelschwarze Gewölbe des Himmels erblicken. Unser Auge müßte bald erblinden.

§. 223.

Jeder leuchtende oder erleuchtete Körper sendet von jedem Puncte seiner Oberfläche Licht nach allen Gegenden. Diejenigen Lichtstrahlen eines leuchtenden Punct's, welche die kreisrunde Oeffnung unsers Auges, die Pupille, treffen, bilden einen Lichtkegel, dessen Basis die Oeffnung des Auges, und dessen Spitze der leuchtende Punct ist. Jeder Gegenstand sendet unzählig viele solcher Lichtkegel dem Auge zu, deren gemeinschaftliche Basis die Pupille ist. Denken wir uns die Axen dieser Lichtkegel, welche sich in dem Mittelpuncte des Auges kreuzen, und dann wieder auseinander gehen, so treffen dieselben auf verschiedne Stellen im Hintergrunde des Auges.

Die nähere Betrachtung dieses optischen Organ's bey der Brechung des Lichts wird uns lehren, daß, wenn die Spitzen der durch die Brechung im Innern des Auges entstehenden verkehrten Lichtkegel da liegen, wo die Axen die Netzhaut schneiden, wir dann eine deutliche Vorstellung von dem gesehenen Gegenstande haben. Hier sollte diese vorläufige Betrachtung nur dazu dienen, um zu zeigen, wie von dem Winkel, welchen die Axen der sich kreuzenden Lichtstrahlen an dem Auge mit einander machen, die Größe des Bildes in dem Auge, und somit die scheinbare Größe des gesehenen Gegenstandes abhänge. Man nennet diesen Winkel daher den Sehewinkel. Was daraus weiter folget, wollen wir nun untersuchen.

§. 224.

Es sey a b Fig. 134 ein Gegenstand, o der Ort des

Auges, so ist aob der Sehewinkel, und die Tangente dieses Winkels $= \frac{ab}{ao}$, desto größer, je kleiner die Entfernung oa, und je größer die wahre Größe ab ist. Für einen andern Gegenstand cd ist eben so tang cod $= \frac{cd}{co}$. Man saget daher, die Tangenten der Sehewinkel, oder so lange diese klein sind, die Sehewinkel selbst verhalten sich direct wie die wahren Größen, und verkehret wie die Entfernungen. Sollte der Gegenstand cd dem Auge in o so groß wie ab erscheinen, so müßte er die Größe ce haben, d. i. doppelt so groß seyn, wenn oc = 2ao ist. Wir werden also nur dann ein richtiges Urtheil über die wahre Größe eines Gegenstands fällen, wenn uns dessen Entfernung bekannt ist. Umgekehret kann man aus der bekannten wahren und scheinbaren Größe eines Gegenstandes auf seine Entfernung schliessen, weil oa $= \frac{ab}{\text{tang } aob}$ ist.

Wir erwerben uns von frühster Jugend an, ohne uns der Art, wie dieß geschiehet, klar bewußt zu werden, eine ziemlich richtige Beurtheilung der Entfernungen, und eben dadurch der wahren Größen der Gegenstände nach ihrem Sehewinkel. Uebung kann diese Fertigkeit erhöhen, darauf beruhet das bessere Augenmaaß. Jedermann wird einen ausgewachsenen Menschen von einem Knaben unterscheiden, wenn gleich dieser ihm so nahe stehen sollte, daß er unter einem eben so großen oder noch größern Sehewinkel in das Auge fiel. Sehr große Entfernungen pflegen wir nicht mehr richtig zu beurtheilen, wir schätzen sie desto größer, je mehr Gegenstände zwischen unserm Auge und dem entferntesten sich befinden. Wo dieß wegfället, halten wir alle Gegenstände für gleich weit; da-

her die Erscheinung des gestirnten Himmels, als einer hohlen Halbkugel, in deren Mittelpunct sich das Auge befindet.

Die optischen Täuschungen sind nicht Fehler des Sehorgans, sondern unrichtige Urtheile, welche wir mit den durch das Organ erhaltnen Eindrücken verbinden. Dahin gehören die scheinbare Vergrößerung der auf- oder untergehenden Gestirne, besonders von Sonne und Mond; wir halten sie dann weiter von uns entfernt, und vergrößern sie so zwischen den Schenkeln ihres Sehewinkels. Gerade die entgegengesetzte Täuschung findet Statt, wenn wir irdische Gegenstände von hohen Bergen betrachten; sie erscheinen uns kleiner, weil wir sie näher zum Auge setzen, als sie wirklich sind. Aus demselben Grunde scheinet sich eine weit ausgedehnte Ebene vor unserm Auge zu erheben, hohe Gebäude scheinen überzuhängen, eine lange Allee scheinet an ihrem Ende zusammen zu laufen u. s. w.

§. 225.

Da wir die Entfernungen nicht sehen, so können wir auch das körperliche an den Gegenständen durch den Sinn des Gesichts nicht wahrnehmen. So vermögen wir in einer großen Entfernung die Kugel von ihrem auf die Gesichtsaxe senkrecht stehenden größten Kreiße nicht zu unterscheiden. Daß wir dieß in kleinern Entfernungen vermögen, rühret, wie schon gesagt, daher, weil wir dann ein richtigeres Urtheil über die Entfernungen mit den durch das Gesicht erhaltnen Eindrücken verbinden.

Man nehme die Oeffnung des Auges für einen physischen Punct an, denke sich von allen Puncten eines sichtbaren Gegenstandes gerade Linien nach dem Auge gezogen und betrachte dieselben als die Wege, welche die Lichtstrahlen nach dem Auge nehmen, so wird dadurch ein Lichtkegel, oder eine Lichtpyramide begränzet. Denkt man sich dieselbe zwischen dem Auge und dem gesehenen Gegenstande durchschnitten, so wird das Auge das Licht von dem Durchschnitt eben so empfangen, wie es dasselbe von dem Gegen-

stande selbst erhielt, und wird daher beide nicht von einander unterscheiden können. Hierauf beruht die Kunst perspectivische Zeichnungen zu entwerfen d. i. die Umrisse von Gegenständen auf einer ebenen oder krummen Fläche so zu zeichnen, daß sie das Licht dem Auge in eben der Ordnung zusenden, wie es die Gegenstände selbst gethan haben würden. Kommt hierzu die Kunst des Mahlers, welche durch Licht und Schatten und die gehörige Farbengebung die Täuschung vollendet, so kann das Bild von dem Gegenstand durch den Sinn des Gesichts nicht unterschieden werden.

Die Regeln perspectivische Zeichnungen zu entwerfen, beruhen auf rein geometrischen Gründen, sie entlehnen aus der Optik nichts als die geradlinige Verbreitung des Licht's.

Einen der gewöhnlichsten Fälle von perspectivischen Zeichnungen erläutert Fig. 135. Man denkt sich oder setzet zwischen dem zu zeichnenden Gegenstande abcd und dem Auge o eine durchsichtige lothrecht gestellte Tafel ABEF; der Durchschnitt der Lichtpyramide oabcd mit der Tafel giebt die perspectivische Abbildung a′b′c′d′. In Beziehung auf die Entwerfung und richtige Beurtheilung perspectivischer Zeichnungen bemerke man folgende einfache Regeln. Alle Linien, welche parallel mit der Grundlinie der Tafel AB laufen, wie ab, dc sind auch in der Abbildung parallel mit derselben, desto höher je entfernter sie sind. Alle Puncte, welche in die Gränze des Horizonts fallen, haben ihre Bilder in der Linie FC. Alle Linien, welche wie ad, bc perpendicular auf der Tafel stehen, laufen in der Abbildung nach dem Augenpunct o′ zusammen. Alle Linien, welche lothrecht hinter der Tafel stehen, sind in der Abbildung perpendicular auf AB, desto weiter darüber und kürzer je entfernter sie sind. Ueberhaupt verkleinern sich alle Gegenstände desto mehr, und fallen desto höher in der Abbildung je entfernter sie von dem Auge sind.

Nur wenn das Auge über den Augenpunct o′ in der gehörigen Entfernung o′a gehalten wird, erscheinet ihm die Perspective richtig. Alle Gegenstände, welche rechts und links nach der Seite A und B hinfallen, erscheinen kleiner und verzogner in der Abbildung, als die mitten hinter der Tafel und vor

dem Auge liegenden. Dies hat Gelegenheit zu derjenigen Perspective gegeben, die man bey den Rundgemählden (Panoramas) anwendet. Man denke sich die Tafel als eine durchsichtige Cylinderfläche, oder als die Oberfläche eines vielseitigen Prismas abcdef Fig. 136, in dessen Axe das Auge O gestellet ist, und die Gegenstände rund herum betrachtet. Alles was in den Raum OAB fället, wird auf der Tafel ab, alles was in OBC lieget auf der Tafel bc abgebildet u. s. w. Werden nun die einzelnen Abbildungen in der Runde verbunden, gehörig beleuchtet, und das Auge an seinen Ort gestellet, so ist die Täuschung sehr vollständig. Diejenigen perspectivischen Abbildungen, wobey man absichtlich die Stellung des Auges und der Tafel so gewählt hat, daß die Gegenstände, von jedem andern als dem Augenpuncte aus sehr verzerret erscheinen, heißen Zerrbilder, anamorphotische Zeichnungen. Hiervon Beyspiele in den Vorlesungen.

§. 226.

Die Erfahrung lehret, daß die Gegenstände dem Auge als Pünctchen verschwinden, wenn die Kleinheit ihres Sehewinkels eine gewisse Gränze überschreitet. Diese ist nach der individuellen Schärfe des Gesichts von 40 Secunden an bis zu einigen Minuten hin veränderlich.

Hierauf beruhet die Erscheinung, daß in einer gewissen Entfernung die Umrisse der Gegenstände früher verschwinden als die Gegenstände, daß alle eckigten Körper uns vor dem Verschwinden rund erscheinen. Es beruht ferner hierauf das Verschwinden der Bewegungen, wenn sie zu langsam erfolgen.

Die tägliche Bewegung der Gestirne kann selbst in dem Aequator, wo sie am schnellsten ist, nicht mit bloßen Augen wahrgenommen werden. Wenden wir aber eine zehnfache Vergrößerung an, so wird ein gutes Auge diese Bewegung erkennen, und sie wird desto auffallender, je stärker die angewendete Vergrößerung ist. Die Erscheinung erkläret sich vollständig, wenn wir zugleich auf die Dauer

des Lichteindrucks im Auge Rücksicht nehmen. Diese beträgt $1/3$ — $1/2$ Secunde der Zeit. Innerhalb dieser Zeit rückt ein Stern vermöge der täglichen Bewegung nur um einen Winkel von 5 — $7 1/2$ Secunden fort, dieser Winkel lieget ausserhalb den Gränzen des deutlichen Sehens, daher wird das fortgerückte Bild des Sterns im Auge mit dem anfänglichen zusammen fallen; der Stern scheint stille zu stehen. Wendet man eine zehnfache Vergrößerung an, so geht der Winkel der Bewegung in 50 — 75 Secunden über, und fällt nun innerhalb der Gränze des Sehens. Wir werden beide Bilder aus einander gewahr und sehen die Bewegung.

Es giebt aber eine zweite Gränze der sichtbaren Bewegungen, wenn sie zu schnell werden. Hiervon suchen wir den Grund in folgendem. Zwischen dem Moment des Lichteindrucks im Auge, und dem Bewußtwerden desselben verstreicht eine gewisse Zeit. Obgleich diese Zeit sehr klein seyn mag, so ist sie doch nicht verschwindend, und scheint ebenfalls nach dem Individuum, und dessen Gesichtsschärfe verschieden zu seyn. Ist nun die Bewegung so schnell, daß das Bild des bewegten Körpers schon an eine andere Stelle gerückt ist, bevor es empfunden werden konnte, so verschwindet der bewegte Körper. Ausnahmen in gewisser Hinsicht machen die stark leuchtenden Körper. Eine schnell herum geschwungne glühende Kohle erscheint zwar als ein feuriger Kreiß, aber die Gestalt der Kohle kann nicht wahrgenommen werden. Das leuchtende Zickzack des Blitzes erscheint uns am Himmel, aber wir können selten mit Gewißheit den Weg bestimmen, welchen der Blitz genommen hat.

Ich suchte für mein Auge die Gränzen, innerhalb welcher die Bewegungen deutlich erscheinen, auf folgende Weise. An

meiner Taschenuhr erkenne ich so eben das Fortrücken des Minutenzeigers, welcher $4^1/_2$ pariser Linien lang ist, wenn ich eine zehnfache Vergrößerung anwende. An dem Secundenzeiger, welcher $10^3/_4$ Linien lang ist, kann ich die Stellungen von $^1/_1$ zu $^1/_1$ Secunden, in welche das Zifferblatt getheilet ist, mit bloßen Augen noch wahrnehmen, welches ich gewiß nicht vermögte, wenn der Zeiger sich nur noch einmahl so geschwind bewegte. Hieraus ziehe ich folgende Schlüsse. Der Sehewinkel, welchen eine Abtheilung des Minutenzeigers in der Weite von 10 Zollen (meines deutlichen Sehns) am Auge macht, beträget $13^1/_2$ Minute, also die Bewegung dieses Zeigers in einer Secunde scheinbar $13^1/_2$ Secunde, und bey 10mahliger Vergrößerung 135 Secunden = 2 M. 15 Secunden.

Das Fortrücken des Secundenzeigers in einer Secunde, beträgt nach der angegebenen Größe des Zeigers in der Weite des deutlichen Sehens 32 Min. 14,4 Secunden im Sehewinkel. Hiernach fielen die Gränzen, innerhalb welcher mein Auge die Bewegungen vollkommen deutlich wahrnimmt, zwischen die in einer Secunde beschriebenen Sehewinkel von $2^1/_4$ Minute und $32^1/_4$ Minute. Die letztere Zahl drückt die Geschwindigkeit aus, wobey der bewegte Körper noch deutlich gesehen werden kann. Um die Gränzen der Geschwindigkeit zu finden, wobey der bewegte Körper undeutlich wird, und endlich ganz verschwindet, befestigte ich einen Quadratzoll, den ich in vier schwarze und weiße Felder eingetheilet hatte, an einem Haspel von $10^1/_2$ Zoll im Halbmesser, und betrachtete diesen Gegenstand aus einer Entfernung von $28^1/_2$ Zoll, indem der Haspel gleichförmig umgedrehet wurde. Bey 15 Umdrehungen in 10 Secunden verschwanden die Umrisse des Gegenstandes, und bey 15 Umdrehungen in $7^1/_2$ Secunde der Gegenstand selbst.

Die scheinbaren Bewegungen im Winkel geben
für die erste Gränze 198° . 51′
für die zweite — 265° . 8′
in einer Secunde der Zeit.

§. 227.

Wenn das Licht eines leuchtenden Punctes von einem undurchsichtigen Körper aufgefangen wird, so entsteht hinter dem Körper ein von Licht entblößter Raum, den wir

Schatten nennen. Der Schattenraum bildet einen abgekürzten Kegel oder eine abgekürzte Pyramide. Wird der Schattenkegel durch eine undurchsichtige Fläche geschnitten, so heißt man insbesondere diesen Durchschnitt den Schatten des Körpers (auch Schlagschatten.) Es erhellet von selbst, daß sich die Größe und Figur des Schattens mit der Größe und Gestalt des Körpers, der Stellung des leuchtenden Punct's und der den Schatten auffangenden Fläche verändern müsse.

Einige der einfachsten Fälle über zusammengehörige Größen des Körpers, des Schattens und Stellung des leuchtenden Punct's giebt das Folgende an.

1) Es bezeichne l einen leuchtenden Punct (etwa den Mittelpunct der Sonne), ab einen lothrechten Stift auf der wagrechten Ebene AB, so ist ac die Länge des Schattens. Dieser Schatten heißt der gerade Schatten (umbra recta) des lothrechten Stifts. Bezeichnet dagegen bd einen wagrechten Stift an einer lothrechten Ebene DC, so heißt dc der Kehr-Schatten (umbra versa) des wagrechten Stift's. Sind beide Stifte ab, und bd von gleicher Länge, so verhalten sich die Längen des geraden und Kehr-Schattens wie die Cotangente und Tangente der Sonnenhöhe.

Hieraus erhellet zugleich, daß der Kehr-Schatten mit der Sonnenhöhe ab- und zunimmt, der gerade Schatten dagegen abnimmt, wenn die Sonnenhöhe wächset bey 90° Sonnenhöhe $= 0$, und bey 0° Sonnenhöhe unendlich ist.

2) Wenn der leuchtende Körper (wie die Sonne) eine scheinbare Größe hat, so ist der Schatten nicht scharf begränzet, sondern mit einem allmählig in das Licht sich verlierenden Halbschatten umgeben.

Es bezeichne qs Fig. 138 einen verticalen Durchmesser der Sonne, qbs dessen scheinbare Größe, so kann in den

Raum a e gar kein Licht fallen, nach h sendet die obere Hälfte der Sonne Licht, jenseits d ist volles Licht. a e heißt der Kernschatten e d der Halbschatten. Der letztere nimmt wie der Kernschatten an Größe zu, wenn die Sonnenhöhe h abnimmt, aber in einem viel stärkern Verhältnisse, nämlich im Verhältnisse des Quadrats der Secante, der Sonnenhöhe. Daher bey niedrigem Sonnenstande die Schatten lang, aber äusserst unbegränzet, sind.

Wenn der leuchtende, und der lichtauffangende Körper Kugeln sind, und jener größer als dieser, so bildet der Kernschatten einen convergirenden Kegel, und der Halbschatten einen den Kernschatten umgebenden divergirenden Kegel. Diesen Fall, welcher in unserm Planetensystem vorkommt, erläutert Fig. 139, wo AA den leuchtenden, BB den den Schatten werfenden Körper bezeichnet. BCB ist der kegelförmige Kernschatten, ECB, CBD der ihn umgebende Halbschatten.

Wenn die Halbmesser der beiden Kugeln AA, BB, und die Entfernung ihrer Mittelpuncte = a gegeben sind, so findet man die Länge des Kernschattens durch den Ausdruck $\frac{ar}{R-r}$.

Setzt man für die Sonne und die Erde R = 113, r = 1, a = 24000, so findet sich die Länge des Schattenkegels 214 Erdehalbmesser. Da nun der Mond nur 60 Erdehalbmesser von uns entfernt ist, so durchschneidet er bey den Mondsfinsternissen den Schattenkegel der Erde an einer Stelle, die $2\frac{1}{2}$ Theile von der Spitze und 1 Theil von der Erde entfernt ist. Da beträget der Durchmesser des Erdschattenkegels 0,72 Durchmesser der Erde. Der Durchmesser des Mondes nur 0,27 Durchmesser der Erde, hieraus werden die eine gewisse Zeit dauernden totalen Mondsfinsternisse begreiflich. Denkt man sich unter BB die Mondskugel, und schreibt für R = 113, r = 0,27, a = 23942 so erhält man für die Länge des Mondschattenkegels 58 Erdehalbmesser. Da nun der Abstand des Monds von der Erde von 56 zu 63,8 Erd-

halbmesser wechselt, so wird bey den Sonnen- oder Erdfinsternissen die Erde bald diesseits, bald jenseits der Spitze des Mondschattenkegels durchgehen. Der erste Fall giebt uns die totalen Sonnenfinsternisse, der andere die ringförmigen. In jedem Fall wird nur ein kleiner Theil der Erde zu gleicher Zeit beschattet, daher die Sonnenfinsternisse an verschiednen Stellen der Erde nicht zu gleichen Zeiten eintreffen.

Von der Zurückstrahlung des Lichts.

§. 228.

Wenn ein Lichtstrahl auf einen unburchsichtigen Körper auffällt und von demselben zurückgeworfen wird, so geschieht dieß nach folgendem Gesetz. Es bezeichne AB Fig. 140 den reflectirenden Körper, lo den einfallenden Lichtstrahl, op ein Loth an die Einfallsstelle, das Einfallsloth genannt, so ist no der zurückgeworfene Strahl, wenn man den Rückprallwinkel nop, dem Einfallswinkel poe gleich, und auf der entgegengesetzten Seite des Lothes in der verlängerten Ebene poe macht. **Der einfallende und zurückgeworfene Strahl machen mit dem Neigungsloth auf entgegengesetzten Seiten gleiche Winkel und liegen mit ihm in einer und derselben Ebene, der Einfallsebene.** Dieß ist das Reflexionsgesetz.

Aus der Gleichheit der Winkel pol, pon, folget die Gleichheit der Winkel Bol, Aon. Manche verstehen daher unter Einfalls- und Rückprallwinkel die zuletzt genannten Winkel. Wir werden bey der oben angenommenen Bezeichnungsart verbleiben.

Von der Wahrheit des ausgesagten Reflexionsgesetzes kann man sich durch folgenden Versuch überzeugen.

Es sey aghi Fig. 141 ein in Grade gehörig eingetheilter Kreiß, der auf einem mit Schrauben versehenen Fußgestelle dermaaßen ruhe, daß er in jeden Scheitelkreiß, worin sich zur Zeit der Beobachtung die Sonne befindet, gestellt werden

kann. Senkrecht auf seiner Fläche an seinem Mittelpunct ist ein kleiner ebener Spiegel b d befestiget. An dem eingetheilten Rande des Kreises lassen sich zwei Diopteen e, f verschieben, wovon die eine bey e mit einer kreisförmigen Oeffnung versehen, die andere bey f aber eine weiße das Licht reflectirende Fläche bildet, auf welcher ein kleiner Kreis gezogen ist, welcher der scheinbaren Größe des durch die Oeffnung der andern Diopter fallenden Sonnenbildes entspricht. Lässet man nun bey gehöriger lothrechter Stellung des Instrumentes einen Sonnenstrahl durch die Oeffnung e nach ec auf den Spiegel b d fallen, so wird das von ihm reflectirte Sonnenbild nur dann den kleinen Kreiß auf der Diopter f treffen, wenn diese genau um einen Winkel af = ae, von dem Scheitelpunct a entfernt ist.

§. 229.

Das Reflexionsgesetz gilt für jeden vollkommen elastischen Körper der von einem andern zurückgeworfen wird und fliesset, wie §. 21 gezeiget worden ist, aus der Lehre von der Zusammensetzung der Bewegung. Man könnte sich also denken, daß die Lichttheilchen als elastische Körper wider die spiegelnde Fläche anstießen, und nach jenen Gesetzen zurückgeworfen würden. Indessen kann man sich noch eine andere Vorstellung von der Art wie das Licht reflectiret werde machen, aus welcher sich das Reflexionsgesetz ebenso leicht herleiten lässet. Die Erscheinungen der Brechung und Beugung des Licht's machen es wahrscheinlich, daß die Körper in gewissen Entfernungen abstossend, in andern anziehend auf das Licht wirken. Bezeichnen wir die Entfernung, auf welche die Körper zurückstossend auf das Licht wirken, kurz durch die Zurückstossungssphäre. Denken wir uns unter A B Fig. 142 die Oberfläche des reflectirenden Körpers, unter ab die Gränze seiner Zurückstossungssphäre; lm bezeichne den einfallenden Lichtstrahl, welcher bey m auf die Zurückstossungssphäre trifft, so wird von diesem Augenblick an dessen perpendi-

eulare Geschwindigkeit la immer mehr vermindert werden, je tiefer er in die Zurückstossungssphäre eindringt. Wird diese Geschwindigkeit in o ganz vernichtet, indessen die dem Körper parallelle Geschwindigkeit des Licht's lc ungeschwächt fortdauert, so muß das Licht von o an sich wieder von dem Körper entfernen, und wird nun abwärts durch die zurückstossende Kraft eben so beschleunigt, wie es vorher retardiret wurde. Der Weg des Lichts innerhalb der Zurückstossungssphäre wird eine krumme Linie mon seyn, deren Scheitel in o eine mit AB parallelle Tangente hat, und deren Schenkel mo, mn gleich und ähnlich sind. Nehmen wir ferner an, der Weg mon sey für unsre Sinnen verschwindend, so werden wir lmonp mit dem Weg lop verwechseln.

Die hier gegebene Erklärungsart rühret von Newton. Aus ihr wird begreiflicher, wie spiegelnde Körper, deren Oberflächen durch die Kunst nie vollkommen eben gemacht werden können, doch als vollkommne Ebenen wirken; zweytens warum durchsichtige Körper, welche einen Theil des Lichtes zurückstrahlen, dessen weniger an ihrer vordern, als an ihrer hintern Fläche zurückwerfen.

An der hintern Fläche kömmt die anziehende Kraft des durchsichtigen Körpers der zurückstossenden seiner hintern Fläche zu Hülfe, an der vordern wirkt sie ihr entgegen. Indessen giebt uns die Hypothese keine Belehrung darüber, wie eine abstossende Kraft an der Oberfläche in eine anziehende im Innern übergehe. Sollte man sich die zurückstossende Kraft als eine Folge einer jeden Körper umgebenden Atmosphäre von Wärme oder unsichtbarem Lichte denken?

Von den ebenen Spiegeln.

§. 230.

Jeder undurchsichtige Körper, dessen Oberfläche hinläng-

lich poliret ist, erscheinet uns als Spiegel. Bildet die Oberfläche eine ebene Fläche, so heißet er ein ebener Spiegel. Der Unterschied zwischen einem Spiegel und einer rauhen das Licht reflectirenden Fläche, z. B. eines Blattes weißen Papieres, lieget darin, daß uns der Spiegel die in ihm sich spiegelnden Gegenstände erkennen, die weiße Fläche aber nur den Eindruck des Lichts empfinden lässet. Wodurch dieser Unterschied begründet werde, hängt mit der Frage zusammen, wie entstehen überhaupt Bilder von äussern Gegenständen in unserm Auge, und unter welchen Umständen hat es blos den Eindruck des Licht's? Hierauf lässet sich folgendes antworten. In unserm Auge entstehen, wie in den finstern Zimmern (wovon unten weiter gehandelt wird), Bilder von äussern Gegenständen, wenn die von einzelnen Puncten derselben kommenden Lichtstrahlen wieder auf einzelne Puncte der Netzhaut vereiniget werden, und dort unvermischt mit anderm Licht bleiben. Empfängt aber unser Auge zu gleicher Zeit an derselben Stelle Licht von sehr verschiednen Gegenständen, so empfinden wir blos den Eindruck der Helligkeit. Spiegel lassen uns Bilder von den Gegenständen erkennen, weil sie das Licht dem Auge in derselben Ordnung zusenden, wie es dasselbe von den Gegenständen unmittelbar erhalten haben würde.

Die folgende mathematische Betrachtung wird dieß vollständiger erläutern.

Es bezeichne pq Fig. 143 einen ebenen Spiegel, l einen leuchtenden Punct vor demselben; die Stelle des Auges sey in o. Die einfallenden Strahlen lc, sendet der Spiegel durch Reflexion dem Auge nach o. Um die Lage der reflectirten Strahlen genau zu bestimmen, verfahre man also: von l fälle man auf den Spiegel das Perpendikel

l p, und mache dessen Verlängerung pi hinter dem Spiegel = pl. Von i ziehe man nach dem Auge die geraden Linien ico, und wo diese den Spiegel schneiden die Linie lc von l aus, so bezeichnen lc die einfallenden, co die nach dem Auge zurückgeworfenen Strahlen. Denn vermöge der Zeichnung sind die Winkel lcp = pci = qco, daher auch qco = lcp wie es das Reflexionsgesetz fordert. Das Auge empfängt von i einen Lichtkegel in derselben Ordnung, wie es ihn in o', ohne Spiegel von l unmittelbar empfangen haben würde. So wie daher ein Auge in o' den Gegenstand in l wahrnimmt, ebenso wird das Auge in o den Gegenstand durch die Reflexion des Spiegels in i zu sehen glauben. Wir sagen daher, die Bilder der Gegenstände in Spiegeln befinden sich an den Spitzen der reflectirten Strahlenkegel, die das Auge treffen. Diese liegen bey dem ebenen Spiegel so weit hinter dem Spiegel als die Gegenstände vor demselben.

Die vorgetragne Theorie von den Bildern in Spiegeln ist diejenige, wie sie die optischen Schriften gewöhnlich geben. Man könnte zu ihrer Ergänzung wohl noch folgendes beyfügen. Da die undurchsichtigen rauhen Flächen, welche Licht zurücksenden, uns ihre Farbe zeigen, die Spiegeln nicht, oder desto weniger, je vollkommner sie sind: so ist es wohl erlaubt anzunehmen, daß durch die hohe Politur, welche die Spiegel erfordern, ihre zurückstossende Kraft gegen das Licht, wegen der homogenen Richtung, die ihr durch die Politur gegeben wird, überhaupt verstärkt werde. Es ist daher wahrscheinlich, daß das Licht von den vollkommenen Spiegeln in einer größern Entfernung als von rauhen Flächen reflectiret werde, in welche es vor seiner Zurückstrahlung zum Theil eindringt, und eben dadurch modificiret dem Auge zugesendet wird.

Den Ort der Bilder in den ebenen Spiegeln, so wie in den Spiegeln überhaupt, pflegen wir nur dann an die Stelle zu setzen, wo die Spitzen der reflectirten Strahlenkegel liegen, in so ferne wir uns überhaupt nicht über die Entfernung der Gegenstände täuschen.

Die Spiegelbilder, welche wir in einem durchsichtigen Fenster erblicken, pflegen wir oft auf den hinter dem Spiegel liegenden fernen Himmel zu beziehen.

Aus der gegebenen Darstellung, wie das Licht überhaupt reflectiret wird, erhellet zugleich, warum durchsichtige Körper desto bessere Spiegel sind, unter einem je schiefern Winkel das Licht gegen ihre Oberfläche auffället.

§. 231.

Aus der im §. 230 vorgetragnen Construction lässet sich leicht die Lage und Größe der Bilder hinter ebenen Spiegeln bestimmen, wenn die Lage und Größe der Gegenstände vor den Spiegeln bekannt sind.

1ter Fall.

Wenn der Gegenstand AB Fig. 144 parallel vor dem Spiegel steht, so steht sein Bild in gleicher Größe und Entfernung hinter dem Spiegel. Bezeichnet AB die Höhe eines Menschen, A den Ort des Auges, so würde derselbe sein Bild ab ganz in dem Spiegel sehen, wenn der Spiegel pr die halbe Höhe des Menschen hätte. Neigt sich der Gegenstand wie A'B gegen den Spiegel, so neiget sich dessen Bild a'b um denselben Winkel gegen den Spiegel vorwärts.

2ter Fall.

Wenn sich der Spiegel bewegt, indessen der Gegenstand seine Stelle beybehält, so rückt dessen durch die Reflexion entstandnes Bild nach derselben Gegend, wohin sich der Spiegel gedreht hat, aber um den doppelten Drehungswinkel des Spiegels fort. Es bezeichne z. B. pq Fig. 145 die anfängliche Lage des Spiegels, welcher sich durch ps nach pr dreht, so dreht sich das Bild aus der Lage ab, in die a'b', a''b'', welcher Drehungswinkel = 180°, wenn die Drehung des Spiegels = 90° ist.

§. 232.

Verbindet man mehrere ebene Spiegel mit einander, so entstehen mehrere Bilder von einem Gegenstande, deren Lagen aus der Stellung der Spiegel und des Gegenstand's sich nach ähnlichen Gesetzen, wie bey einem Spiegel, finden lassen; wovon das folgende einige Beyspiele giebt.

1ter Fall.

Es bezeichne AB, CD Fig. 146 zwei parallel stehende ebene Spiegel, O einen Gegenstand zwischen ihnen, welcher von dem Spiegel AB um die Entfernung = a, von dem Spiegel CD um die Entfernung = b abstehe; so entstehen erstens in jedem Spiegel das Bild a', und b', wovon jenes um die Weite a, dieses um die Weite b hinter jedem ihm angehörigen Spiegel ist. Da aber die Rückstrahlung des Licht's von einem Spiegel zum andern immer fortdauert, obgleich mit verminderter Stärke wegen des Lichtverlust's bey jeder Reflexion: so giebt es in jedem Spiegel eine unendliche Reihe von Bildern a', a''..., b', b''..., wovon die Bilder a' a'' um die Weite = 2b, die Bilder b', b'' um die Weite = 2a von einander abstehen. Denn man kann a'' als das Bild von b', und b'' als das Bild von a' betrachten, u. s. w.

2ter Fall.

Es mögen CA, CB Fig. 147 zwei ebene Spiegel bezeichnen, welche unter dem Centriwinkel eines regulairen Polygons, z. B. eines Sechsecks gegen einander gestellet sind. Mitten zwischen ihnen befinde sich der Gegenstand o, so wird von demselben in jedem Spiegel eine beschränkte Menge von Bildern, und zwar in unserm Falle drei entstehen, a', a'', a'''; b', b'', b'''; wovon aber a'''

und b''' zusammenfallen und nur für eins gelten. Die Bilder liegen sämmtlich mit dem Gegenstand o in dem Umfang eines Kreises, und ihre Entfernung unter einander ist der doppelten Weite A O, = A B gleich, daher sämmtliche Bilder mit dem Gegenstande o symmetrisch in ein regulaires Sechseck gestellet sind. Die Begränzung der Anzahl der Bilder folget daraus, weil a''' sowohl als b''' als Gegenstand betrachtet hinter der verlängerten Ebene eines jeden Spiegels liegen, und von ihnen kein Licht weiter auf die Spiegel gesendet, also auch keines zurückgestrahlet werden kann. Auf dieser Winkelstellung zweier Spiegel gegen einander beruht die wesentliche Einrichtung des Kaleidoscopes.

3ter Fall.

Es sollen C, B Fig. 148 zwei ebene Spiegel seyn, welche parallel, etwas schief gegen einander über, und zugleich auf die durch das Auge A gehende Ebene A B C senkrecht stehen. o bezeichne einen Gegenstand in derselben Ebene, welcher Licht nach der Richtung o o auf den Spiegel C sendet, das von da nach C B reflectiret, und vom Spiegel B abermals reflectiret nach B A in das Auge kommt. Man sieht leicht ein, daß der einfallende Strahl o c, mit dem durch doppelte Reflexion in das Auge gelangenden B A parallel seyn müsse, wenn die beiden Spiegel C und B parallel sind. Wäre der Gegenstand o unendlich weit, z. B. ein Stern, so würde von ihm über dem Spiegel B weg ein Strahl O A das Auge treffen, welcher ebenfalls parallel mit o c wäre. Das ist, man würde über den Spiegel B weg und in demselben durch doppelte Reflexion den Stern nach derselben Richtung wahrnehmen. Dreht man den Spiegel C aus der Lage C L in die Lage C M, so würde der durch den Spiegel reflectirte Strahl

OC nach Cr′ fallen, und der Winkel r′CB würde dem doppelten Drehungswinkel des Spiegels gleich seyn §. 231. Sollte bey der jetzigen Stellung des Spiegels C der doppelt reflectirte Strahl das Auge in der Richtung BA treffen, so müßte der auf den Spiegel C fallende Strahl in der Richtung O′C einfallen, und der Winkel O′CO müßte = r′CB = 2LCM seyn. In diesem Falle würde das Auge in A den Gegenstand O′ durch doppelte Reflexion in dem Spiegel B in derselben Richtung als den Gegenstand O über den Spiegel B weg erblicken. Wäre nun LM der eingetheilte Rand eines Kreises, so könnte man aus dem doppelten Winkel MCL den gleichen Winkel OCO′ finden. Auf diesem Grundsatz beruhen die Reflexions-Winkelmesser (Spiegelkreise, Spiegelsextanten).

4ter Fall.

Es sollen BE, ED Fig. 149 zwei spiegelnde Flächen bezeichnen, welche einen bestimmten Winkel BED mit einander machen; O sey ein leuchtender Gegenstand, A die Stelle des Auges, welches den von O kommenden Lichtstrahl OR durch Reflexion nach der Richtung RA empfängt. Sollte das Auge bey unveränderter Stellung den Gegenstand O durch die Reflexion des Lichts von der Fläche BE erblicken, so müßte BED um den Winkel QCR = 180° — BED gedreht werden. Wäre der Drehungspunct C zugleich der Mittelpunct eines eingetheilten Winkelmessers LM, so könnte man aus dem gemessenen Drehungswinkel LCM leicht auf den Winkel BED schliessen. Hierauf beruht Wollaston's Krystallmesser, auch Reflexions-Goniometer genannt.

Von den gekrümmten Spiegeln.

§. 233.

Der krummen Spiegel lassen sich unzählig viele denken. Diejenigen, welche aber hier am meisten vorkommen, sind die sphärischen Hohl- und Convexspiegel, weil sie nächst den ebenen Spiegeln vorzüglich zu den optischen Werkzeugen angewendet werden.

Wir wollen zuerst reden

von den sphärischen Convexspiegeln.

Es bezeichne ADB Fig. 150 einen sphärischen Convexspiegel, C dessen Mittelpunct. Zieht man von C nach der Mitte des Spiegels D die gerade Linie CDE, so heißt diese die Axe des Spiegels. Licht, welches in der Richtung der Axe auf den Spiegel auffällt, geht in sich selbst zurück. ML bezeichne einen parallel mit der Axe auf den Spiegel fallenden Lichtstrahl. Um dessen reflectirten Strahl zu finden, ziehe man von C den Halbmesser CM, dessen Verlängerung MN das Neigungsloth für den einfallenden Strahl LM giebt. Macht man den $< LMN = < RMN$, so ist MR der reflectirte Strahl, dessen Verlängerung rückwärts die Axe in F trifft. Das Dreieck CFM ist wegen der Gleichheit der Winkel bey C und M ein gleichschenklichtes Dreieck, daher CF = FM, sehr nahe $= \frac{1}{2}$ CM $= \frac{1}{2}$ CD, so lange der Winkel bey C klein ist. Hieraus folgt, daß alles zwischen ML, ml parallel mit der Axe auf den Convexspiegel fallende Licht durch die Reflexion in einen von dem Punct F ausgehenden divergirenden Strahlenkegel RFr verwandelt wird. Daher heißt F der Zerstreuungspunct, oder geometrische Brennpunct des Convexspiegels, DF heißt die Brennweite und ist dem halben Halbmesser des Spiegels gleich.

Wenn Lichtstrahlen, wie AR, Br weit von der Axe des Spiegels, obgleich in paralleller Richtung, eintreffen, so bleibt zwar das durch die reflectirten Strahlen mit der Axe gebildete Dreieck CF′A immer gleichschenklicht, aber die Summe der Linien CF′ + AF′ ist dann größer als der Halbmesser AC, folglich liegt nun der Zerstreuungspunct F′ näher als um den halben Halbmesser hinter dem Spiegel. Den Unterschied der Brennweiten FF′ nennt man die von der sphärischen Gestalt herrührende Abweichung. Wenn der Winkel ACD nicht größer als 8° ist, so beträgt die Abweichung FF′ nicht über 1/100 der Brennweite, und kann in den meisten Fällen der Anwendung sphärischer Convexspiegel übersehen werden.

§. 234.

Es sey Fig. 151 L ein leuchtender Punct in einer bestimmten Entfernung LD = a vor dem Spiegel, welcher einen Lichtkegel MLm auf den Convexspiegel sendet, man fraget wohin die Spitze J des reflectirten Lichtkegels OJQ fället? Man ziehe an M das Neigungsloth CMN, und mache < OMN = < NML, und verlängere OM rückwärts bis zum Durchschneidungspuncte mit der Axe in J, so wird J die Spitze des reflectirten Strahlenkegels seyn. Sie liegt näher hinter dem Spiegel als der Brennpunct F, und zwar desto näher, je näher L zu dem Spiegel rückt. Dagegen fället J auf F, wenn L unendlich weit ist. Da wir die Bilder von den Gegenständen in Spiegeln in der Regel dahin setzen, wo sich die Spitzen der reflectirten Strahlenkegel finden (§. 230), so liegt in J das Bild des Punct's L.

Der analytische Ausdruck für die Entfernung des Bildes J hinter dem Convexspiegel ist $MJ = JD = \frac{ar}{2a + r}$, wo a den Abstand LM = LD des Gegenstandes vor dem Spiegel, und r den Halbmesser des Spiegels bezeichnen. Die Ableitung desselben aus der Betrachtung der Figur ist leicht,

wenn man die Winkel so klein annimmt, daß man sie ihren Sinussen und somit den gegenüber stehenden Dreiecksseiten proportional setzen darf. Ist a nur einigermaßen groß gegen r, so wird JM nahe = $\frac{1}{2}$ r oder J fällt in den Brennpunct F.

§. 235.

Jetzt wird es leicht einzusehen, auf welche Art die Bilder in den convexen Spiegeln entstehen. Es bezeichne PQ Fig. 152 einen Gegenstand vor dem convexen Spiegel AB. Um das Bild desselben zu finden, ziehe man die Linien CP, CM, CQ, welche die Axen der von dem obern mittlern und untern Puncte des Gegenstandes auf den Spiegel fallenden Lichtkegel darstellen. Man suche das Bild i für einen Punct z. B. den mittlern M des Gegenstandes nach der §. 234 Fig. 151 gewiesenen Constructionsart, und trage die gefundne Weite nach op und cq, so bestimmt sich dadurch die Lage und Größe des Bildes pq. Da dasselbe stets innerhalb des Winkels PCQ und näher bey dem Mittelpunct des Spiegels steht, so ist es kleiner als der Gegenstand, und hat einerlei Stellung mit demselben. Die Verkleinerung der Gegenstände in convexen Spiegeln fället desto stärker aus, je größer ihre Entfernung von dem Auge und je kleiner die Halbmesser der Spiegel sind. Da durch die Verkleinerung das von dem Spiegel dem Auge zugesendete Licht in einen engen Raum zusammengedrängt wird, so erscheinen die Bilder in den Convexspiegeln klar und stark erleuchtet. Daher die Mahler sich solcher Spiegel zur Aufnahme von Landschaften zu bedienen pflegen.

Von den Hohlspiegeln.

§. 236.

Es sey AB Fig. 153 ein sphärischer Hohlspiegel, MC die Axe, C dessen Mittelpunct. Ein Strahl, welcher parallel mit der Axe und nicht weit von ihr entfernt, wie LN auffällt, wird nach der Reflexion die Axe in einem Punct F schneiden, welcher um den halben Halbmesser vor dem Spiegel lieget, und alle zwischen ML und OP auf den Hohlspiegel parallel mit der Axe fallende Lichtstrahlen finden durch die Reflexion in F einen Vereinigungspunct, der also ein wahrer physischer Brennpunct ist. Die Entfernung desselben vor dem Spiegel $MF = \frac{1}{2} r$ heißt die Brennweite des Spiegels. Weiter von der Axe entfernt, jedoch mit ihr parallel auffallende Strahlen, wie QA, haben ihren Vereinigungspunct in F' etwas weiter von C und näher bey M als der halbe Halbmesser vor dem Spiegel. Die Beweise dieser Sätze werden gerade so wie bey dem Convexspiegel §. 233 geführet.

Nennt man den Einfallswinkel $CAQ = ACM = e$, so findet sich für die Weite des reflectirten Strahles $CF' = \frac{\text{Sin}\, e}{\text{Sin}\, 2e} \cdot r$. So lange für $\text{Sin}\, 2e = 2\,\text{Sin}\, e$ zu nehmen ist, wird $CF' = \frac{1}{2} r$ seyn. Da aber für größere Winkel $\text{Sin}\, 2e$ kleiner als $2\,\text{Sin}\, e$ ist, so wird CF' größer als $\frac{1}{2} r$ seyn. Der Unterschied fällt aber, wenn e kleiner als 8° ist, unbedeutend aus, und bey Hohlspiegeln, welche nur als Brennspiegel wirken sollen, kann die Größe von e bis gegen 15° erweitert werden, weil die um F sich vereinigenden Lichtstrahlen auch das Ihrige zur Erwärmung beytragen.

Sollten alle mit der Axe parallel auf den Hohlspiegel fallende Strahlen genau in dessen Brennpunct F vereiniget werden, welches sehr wünschenswerth ist, wenn die durch die Reflexion in Hohlspiegeln entstehenden Bilder unter starken Vergrößerungen ins Auge fallen, so müßte der Durchschnitt

des Spiegels durch seine Axe eine Parabel seyn. Indessen weicht die sphärische Gestalt von der parabolischen desto weniger ab, je schmahler und flacher der Hohlspiegel ist. Der [illegible] Hohlspiegel z. B., dessen Brennweite = 1 Fuß, Breite AB = 1 Fuß, würde bey der parabolischen Krümmung die mittlere Höhe von der Sehne AB an bis M = 0,0625 Fuß und bey sphärischer Krümmung 0,0635 Fuß betragen, also der Unterschied nur 0,001 Fuß seyn.

§. 237.

Die Entstehung der Bilder in den sphärischen Hohlspiegeln beruhet auf folgenden Gründen. Es sey L ein leuchtender Punct in der Axe des Hohlspiegels, welcher einen Strahlenkegel MLN Fig. 154 auf den Spiegel sendet, um die Spitze des reflectirten Strahlenkegels zu finden, ziehe man an N das Neigungsloth CN und mache den Winkel CNJ = CNL. Der Punct J, das Bild von L, liegt weiter als der Brennpunct F vor dem Spiegel, und rückt desto weiter vor, je näher der Gegenstand L dem Mittelpunct C kommt, bis endlich beide in C zusammentreffen, weil vom Mittelpunct aus alle Strahlen senkrecht auf den Spiegel fallen und in sich selbst zurückkehren.

Es bezeichne nun PQ Fig. 155 einen leuchtenden Gegenstand von bestimmter Größe vor dem Spiegel; man ziehe durch den Mittelpunct C die Linien PCO, QCN; sie bilden die Axen der von den Puncten P und Q auf den Spiegel fallenden Lichtkegel. Um die Spitzen p, q der reflectirten Lichtkegel oder den Ort des Bildes pq zu finden, suche man den Punct J wie Fig. 154 und nehme Nq = op = MJ. Da sich die Axen der Lichtkegel in dem Mittelpunct C kreuzen, so steht das Bild pq in Bezug auf den Gegenstand PQ verkehret, und ist desto kleiner gegen denselben, je größer CL gegen CJ ist. Wenn der Gegenstand unendlich fern ist, so liegt das Bild im Brenn-

punct F. Da man den Weg des Licht's eben so in umgekehrter Ordnung verfolgen kann, so wird PQ das Bild für einen Gegenstand pq seyn, woraus folget, daß Gegenstände, welche zwischen dem Mittelpuncte und dem Brennpuncte eines Hohlspiegels stehen, ein verkehrtes und vergrößertes Bild jenseits des Mittelpunct's und Spiegels geben.

Versuche zur Erläuterung der vorstehenden Sätze sind folgende:

Man stelle einen stark erleuchteten Gegenstand PQ Fig. 156 etwas innerhalb des Mittelpunct's C eines Hohlspiegels in verkehrte Lage, so wird sein Bild pq aufrecht jenseits des Mittelpuncts in der Luft zu schweben scheinen. Ein Auge in o, welches das Bild beschauet, empfängt die Lichtstrahlen von dem Gegenstande nach den Richtungen PDpO, QEqO. Daher muß der Spiegel für jede Stellung des Auges eine bestimmte Breite DE haben, wenn das Auge das Bild ganz sehen soll. Diese Breite fället desto größer aus, je näher das Auge zu dem Bilde rückt. Da aber dann die Lichtstrahlen, welche das Auge erreichen, weiter von ihren respectiven Axen auf den Spiegel fallen, so wird nun die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt größer und das Bild undeutlicher. Die Täuschung über den Ort des Bildes wird vollständiger, wenn das Auge den Gegenstand und den Spiegel nicht gewahr wird; man pfleget daher zwischen C und PQ einen Schirm zu setzen, welcher dem Auge den Gegenstand ganz, und den Spiegel größtentheils verdeckt.

Da das Bild pq von dem Spiegel abrückt, wenn der Gegenstand PQ nach dem Spiegel zurückt, so wird man, wenn man mit der Spitze des Fingers, eines Degens oder einem andern leuchtenden Gegenstande in der Richtung PD nach dem Spiegel stösset, diesen Gegenstand nach der Richtung po gegen das Auge fahren sehen.

Aus der Betrachtung der Dreiecke LNC, LNJ Fig. 154 folget ebenso wie §. 234, wenn man die Winkel MJN, MCN, MLN so klein setzt, daß sie ihren Sinussen proportional bleiben $NJ = \frac{ar}{2a - r}$. Dieß dienet dazu, um die Entfernung des Bildes vom Hohlspiegel durch Rechnung zu finden, wenn der Halbmesser des Spiegels = r und die Entfernung des Gegen-

stand's a vor dem Spiegel gegeben sind. Schreibt man für r = rf (wenn f die Brennweite), so erhält man auch den Ausdruck $NJ = \frac{af}{a - f}$.

§. 238.

Die Brennkraft eines Hohlspiegels lässet sich, seine Lichtverschluckende und zerstreuende Eigenschaft bey Seite gesetzet, auf folgende Art beurtheilen. Der Brennraum pq eines Hohlspiegels Fig. 155 ist nichts anders als das kleine kreisrunde Sonnenbild der unendlich entfernten Sonnenscheibe PQ. Das Licht wird in dem Brennraum pq so viel Mahl dichter seyn, als das Quadrat des Durchmessers pq in dem Quadrat der Breite des Spiegels AB enthalten ist. Da für die unendlich entfernte Sonne die Stelle des Bildes pq in dem Brennpuncte f liegt, und der Winkel paq = PCQ der scheinbaren Größe der Sonne gleich ist, so findet man die wahre Größe von pq, wenn man die Brennweite mit der Tangente von 32 Minuten (dem scheinbaren Sonnendurchmesser) multipliciret. Dies Product quadriret, und in das Quadrat von AB dividiret, giebt die Verdichtung des Lichts.

Es sey z. B. die Breite des Brennspiegels AB = 1 Fuß, und die Brennweite f = 1 Fuß, so giebt die Zahl $\frac{1^2}{0{,}0093^2}$ = 11562 die Verdichtung des Licht's an. Die wirkliche Brennkraft eines Spiegels bleibt weit unter der Berechnung, weil die Lichtverschluckung und Zerstreuung, wie auch die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt nicht in Anschlag gebracht worden sind. Aus ersterm Grunde sind nicht alle Materien gleich gut zu Spiegeln. Sieben Theile Kupfer, 3 Theile Zink und 4 Theile Zinn, oder nach Mudge 2 Pfund Kupfer und 14½ Unzen Zinn sollen ein gutes Spiegelmetall geben. Die reine Platina würde sich vorzüglich empfehlen, wenn sie nicht kostspielig und so schwer zu schmelzen wäre.

Die gläsernen Spiegel wirken nur vermöge ihrer hinten aufgelegten Folie, und da diese sehr dünne, auch wegen des bey der Belegung zugesetzten Quecksilbers sehr zerstörbar ist, so taugen sie nicht sonderlich zu Brennspiegeln, und noch weniger zu genauen optischen Instrumenten, wegen der doppelten Bilder die von den Glasflächen entstehen, und der Ablenkung des Licht's durch die Brechung im Glase. Die Brennspiegel wirken unter übrigens gleichen Umständen desto besser, je weniger sie sich selbst erwärmen, und die Wärme nach aussen zerstreuen.

§. 239.

Noch ist es übrig die Bedingungen anzugeben, unter welchen ein Hohlspiegel die Gegenstände vergrößert. Es sey AB Fig. 157 der Hohlspiegel, pq ein Gegenstand, welcher sich zwischen dem Brennpunct F und dem Spiegel befinde. In diesem Falle werden, wie aus der Figur erhellet, die Spitzen der von p und q ausgehenden Strahlenkegeln nach der Reflexion hinter dem Spiegel in P und Q liegen, daher das Bild PQ aufrecht und vergrößert erscheint. Man sieht sogleich, daß die Vergrößerung desto stärker ausfallen müsse, je näher der Punct C zu dem Spiegel rückt, d. i. je kleiner der Halbmesser und die Brennweite des Hohlspiegels sind. Rückt der Gegenstand zum Spiegel, so rückt sein Bild von hinten her dem Spiegel näher und wird kleiner, bleibt aber stets aufrecht.

Von der Brechung des Licht's.

§. 240.

Unter der Brechbarkeit des Licht's versteht man die Eigenschaft desselben von seiner geradlinigen Richtung abgelenkt zu werden, wenn es aus einem durchsichtigen Mit-

tel in ein anderes von verschiedner Dichte und Beschaffenheit tritt. Die Gesetze dieser Ablenkung sind folgende.

Es bezeichne AB Fig. 158 die Grenze zwischen zwei durchsichtigen Körpern, es sey z. B. oberhalb AB Luft, unterhalb AB Glas, LC sey ein aus der Luft in das Glas tretender Lichtstrahl; verfolgte derselbe seine gerade Richtung; so würde er nach CF gehen; es wird aber nach dem Neigungsloth DCE, welches man an die Stelle des Eintritts ziehen kann, um einen bestimmten Winkel FCH zugelenkt, ohne dabey aus der Ebene des Neigungslothes und des einfallenden Strahles (der Brechungsebene) zu kommen. Trätte hingegen ein Lichtstrahl HC bey C aus einem dichtern Mittel in ein dünneres, so würde er nun von dem Neigungsloth um den Winkel hCL abgelenkt werden. Der Winkel DCL = FCE heißt Einfallswinkel, der Winkel HCE gebrochener Winkel, und FCH Brechungswinkel. (Doch verstehen manche unter Brechungswinkel auch das was wir gebrochne Winkel genannt haben.) Zieht man für einerlei Halbmesser den Sinus des Einfallswinkels FG, und den Sinus des gebrochenen Winkels HJ, so findet ein beständiges Verhältniß zwischen diesen Sinussen statt, so lange die Beschaffenheit der brechenden Mittel dieselbe bleibt. Z. B. für Glas und Luft findet man das Brechungsverhältniß nahe wie 3 : 2, für Wasser und Luft wie 4 : 3. Beym Austretten des Lichts in das dünnere Mittel kehret sich das Brechungsverhältniß gerade um und wird für Glas und Luft = 2 : 3

für Wasser und Luft = 3 : 4.

Aus dem Brechungsgesetz folgt, daß ein senkrecht einfallender Strahl, wie DCE, gar keine Brechung er-
leidet.

Die Erfahrung hat gezeiget, daß die Größe der Brechung nahe im Verhältniß der Dichte des brechenden Mittels stehe. Nur manche brennbare Körper (vorzüglich die Wasserstoffhaltigen) machen hiervon eine Ausnahme, sie zeigen eine auffallend starke Lichtbrechende Kraft. Hieraus muthmaßete Newton die brennbare Natur des Diamanten, welche sich durch die chemische Zerlegung desselben bewähret hat.

§. 241.

Newton hat, ausgehend von der Emanationstheorie, eine Erklärung der physischen Ursache der Brechung des Licht's gegeben, welche sich den allgemeinen Anziehungs- und Bewegungsgesetzen der Körper anschliesset.

Es bezeichne AB Fig. 159 die Gränze zwischen einem dünnern Mittel N und dichtern M. LJ bezeichne den einfallenden Lichtstrahl und seine Geschwindigkeit im dünnern Mittel. Man zerlege dieselbe in eine der Gränze des Mittels parallelle Geschwindigkeit PJ, und in eine perpendiculare OJ. Es seyen ferner nn, mm die Weiten, auf welche sich die chemische Anziehung der Oberfläche AB des dichtern Mittels gegen das Licht erstrecke (man muß sich darunter eine für unsre Sinnen verschwindend kleine Entfernung denken), so wird von dem Augenblick an, wo der Lichtstrahl in die Anziehungssphäre bey n tritt, bis zu demjenigen, wo er sie bey m verlässet, eine Beschleunigung der perpendicularen Geschwindigkeit statt finden (jenseits m im dichtern Mittel nicht mehr, weil nun aufwärts und unterwärts gerichtete gleiche Kräfte sich compensiren). Es sey die durch die Wirkung der Anziehung vermehrte perpendiculare Geschwindigkeit JS, welche sich mit der unveränderten parallellen Geschwindigkeit JQ zusammensetzt, und die Geschwindigkeit und Richtung des Lichts JT im dichtern Mittel bestimmt, woraus die Erscheinung der Bre-

chung folget. Es fliesset aus dieser Darstellung zugleich die Beständigkeit des Verhältnisses vom Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochnen Winkels. Denn es bezeichne für den Halbmesser JU, UR den Sinus des Einfallswinkels, und für denselben Halbmesser Ju, ur den Sinus des gebrochnen Winkels, so erhält man

$$(RU = ST) : ru = JT : Ju.$$

Nun erhellet aber, daß die Vermehrung der Geschwindigkeit des Lichts im dichten Mittel keineswegs vom Einfallswinkel, sondern lediglich von der Größe und Intensität der Anziehungssphäre mn abhängen müsse, daher wird für einerlei Mittel das Verhältniß von JT : Ju also auch das Verhältniß ST : ru beständig bleiben.

Da die beschleunigenden oder lebendigen Kräfte durch die Quadrate der Geschwindigkeiten gemessen werden; so wird, wenn man den Sinus des kleinern der durch die Brechung veränderten Winkel = 1 und den Sinus des größern = n oder das Brechungsverhältniß 1 : n setzt, $n^2 - 1^2$ das Maaß der brechenden Kraft im newtonschen Sinne seyn, weil diese Größe den Unterschied der Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach der Brechung bezeichnet. Dividiret man diese Größe durch das specifische Gewicht des brechenden Mittels, so führet man die brechende Kraft der verschiednen Körper auf das zurück, was sie bey der Dichte des Wassers gewesen seyn würde.

Nach der Vibrations-Theorie pfleget man die Brechung des Licht's auf folgende Weise zu erklären. Es bezeichne abermals AB Fig. 160 die Gränze zwischen dem dünnen und dichten Mittel, ab eine Lichtwelle, die auf die Gränze trifft, und cd ihre Richtung im dünnern Mittel. Da die Lichtwelle mit ihrem Ende a früher in das dichtere Mittel eintritt, als mit dem entgegengesetzten b, so muß die Geschwindigkeit aa′ sich vermindern, indessen die bb′ noch unverändert bleibt; dadurch muß eine Drehung der Welle um den Punct a und eine veränderte Richtung c′d′ erfolgen. Obgleich hierdurch die Erscheinung der Brechung im Ganzen begreiflich wird, so trägt doch die Erklärung etwas künstliches an sich, welches noch ver-

wickelter wird, wenn man daraus die verschiedne Brechbarkeit und die Farbenzerstreuung (wovon unten) erklären will.

Brechung des Lichts in Körpern mit parallellen Oberflächen.

§. 242.

Es sey A Fig. 161 ein durchsichtiger Körper mit parallellen Oberflächen, der oben und unten bey C und D von einem dünnern Mittel von gleicher Beschaffenheit begränzt ist. Ein leuchtender Gegenstand o sende Licht nach op, das durch die erste Brechung in A nach pr, und durch die zweite Brechung nach ra zum Auge in a gelange, so wird ra parallel mit po seyn, und das Auge wird den Gegenstand nach der Richtung arp'o' sehen. Denn da vermöge des Parallelismus der Einfallslothe pq, rs, die Winkel rpq, trs gleich sind; so sind nach dem Brechungsgesetz auch die Winkel qpu und sra einander gleich, folglich aro' parallel mit upo. Da dieß für alle von einem Gegenstand o nach der doppelten Brechung zum Auge gelangenden Lichtstrahlen gilt, so wird in der Ordnung dieser Lichtstrahlen nichts verändert werden, und das Auge wird den Gegenstand, wie ohne Brechung, nur um die Weite oo' = pp' auf die Seite geschoben erblicken. Diese Verschiebung wird desto kleiner, je geringer die Dicke des brechenden Körpers und je kleiner der Einfallswinkel ist. In dünnen Glasscheiben mit parallellen Oberflächen ist sie fast nicht zu bemerken, daher sagt man gemeinhin, solche Körper brechen das Licht nicht.

Ist die Dicke des brechenden Körpers bedeutend, so kann die durch die Brechung verursachte Verrückung sehr merklich

werden, ja selbst dazu dienen, die Größe der Brechung und ihr Gesetz zu bestimmen.

Es sey z. B. A ein geschliffener gläserner Würfel von einigen Zollen in der Höhe, der über einem weißen Blatt Papier stehe, jedoch so, daß sich zwischen der Grundfläche des Würfels und dem Papier eine dünne Luftschichte befinde (einige Kartenblättchen an den vier Ecken des Würfels untergelegt reichen hin), o sey ein schwarzer Strich auf dem weißen Papier, und längst oo' parallel mit der Brechungsebene sey auf dem Papier eine in gleiche Theile getheilte Scale gezeichnet. Wählet man die Stellung des Auges a so, daß man, ohne dasselbe zu verrücken, durch den Glaswürfel, und auch neben demselben vorbey nach dem Gegenstand o sehen kann, so wird das Auge dessen Verrückung durch die Brechung nach oo' = pp' sehr leicht auf der Scale messen können. Hieraus und aus den bekannten Größen pb, ba, pq lassen sich die Winkel qpa, qpr, und aus ihren Sinussen die Größe der Brechung finden.

Es bezeichne A Fig. 162 die undurchsichtige Wand eines Bechers, in welchen man bey i eine Silbermünze gelegt hat, welche dem in o stehenden Auge durch den Rand des Bechers p verdeckt ist. Lässet man bey unveränderter Stellung des Auges den Becher voll Wasser giessen, so wird die Münze dem Auge durch die Brechung des Lichts in i' erscheinen, und man wird den Boden des Bechers um die Größe ii' gehoben glauben.

Obgleich die Brechung des Lichts aus dem leeren Raum in die Luft nur eine geringe Größe ist (das Brechungsverhältniß ist nach Biot für atmosphärische Luft bey 28 Z. Barometer und der Eiskälte 1 : 1,00029), so wird die Ablenkung des Lichts, wenn es wie von den himmlischen Gegenständen die ganze Atmosphäre durchdringt, wegen der bedeutenden Höhe der Atmosphäre doch bemerklich ausfallen. Dieß nennet man die astronomische Strahlenbrechung; sie beträget am Horizont, wo die Lichtstrahlen den längsten Weg in der Luft zurücklegen, und ihre Schichten am schiefsten durchschneiden, 33 Minuten im Winkel.

Die astronomische Strahlenbrechung nimmt mit der Höhe der Gestirne ab, und zwar nahe im Verhältniß der Cotangenten der Höhen. Da die Luftschichten von oben nach unten an Dichte zunehmen, so sieht man leicht ein, daß die krumme Linie, welche das Licht vermöge der Strahlenbrechung in der

Luft beschreibt nach unten hin hohl seyn müsse. Daher wird die Strahlenbrechung die Gegenstände erheben.

Es kann zuweilen durch eine sehr starke Verdünnung der untern Luftschichten durch Erwärmung, oder auch durch eine schnelle Erkältung erwärmter Luftschichten eine besonders starke und unregelmäßige Strahlenbrechung entstehen, welche mit einer sogenannten Luftspiegelung verknüpft ist, wodurch man die Gegenstände am Horizont doppelt und verkehret über oder unter einander erblickt. Dieser Erscheinung hat man die Namen der Fata Morgana, des Seegesichts, Kimmung u. s. w. gegeben. Es sind zwei Fälle zu unterscheiden, welche die Figuren 163 I u. II erläutern.

Es bezeichne A in Fig. 163 I eine Luftschichte von nahe gleichförmiger Dichte, C eine darauf liegende an Dichte schnell abnehmende Luftschichte, O die Stellung des Auges, B einen fernen Gegenstand. Dieser sendet durch die Schichte von gleichförmiger Dichte Licht nach der geraden Richtung B A O ins Auge, sodann wird Licht, welches durch die obere Schichte von veränderlicher abnehmender Dichte geht, durch die stärker nach unten wirkende brechende Kraft in einer krummen Linie B C O ins Auge gelangen, wodurch dieses ein Bild des Gegenstandes B′ in verkehrter Richtung über dem Gegenstande erblickt. Diese Erscheinung hat unter andern Scoresby der Jüngere auf seiner Reise in das nördliche Polarmeer wahrgenommen und beschrieben. Es deckte ein kalter Nebel die See über welchem die Sonne schien. Die über den Nebel hervorragenden Gegenstände wie Maste und Segel anderer Schiffe wurden doppelt in der erwärmten über dem Nebel liegenden Luftschichte gesehen. Der andere Fall II tritt ein, wenn unter einer gleichförmigen Luftschichte C eine stark erhitzte A und an Dichte von oben nach unten schnell abnehmende Luftschichte lieget. Dann wird das Auge den Gegenstand in gerader Richtung oben, und das Bild verkehret unter demselben durch die Brechung B D O erblicken. Dieses Phänomen nimmt man häufig über stark erhitzten Sandwüsten wahr, wodurch die dürre Wüste die unangenehme Täuschung eines weit ausgedehnten Wasserspiegels erzeuget. Wollaston hat einen sinnreichen Versuch erdacht, wodurch er den ersten Fall der Luftspiegelung auf eine künstliche Weise nachahmte, indem er einen Gegenstand (Schrift) quer durch ein mit parallellen Glaswänden versehenes Gefäß betrachtete, in welchem er vorher Schichten von Schwefelsäure und Wasser über einander geleget hatte. (Vollständige

Beschreibungen der erwähnten Erscheinungen mit Abbildungen finden sich in Gilb. Annalen 1800 3. 4. 5. Band.)

§. 243.

Wenn drei oder mehrere durchsichtige Mittel mit parallelen Oberflächen in der Ordnung A, B, C, A aneinander gränzen, und es tritt ein Lichtstrahl aus A durch B und C wieder nach A, so ist der ausfahrende Strahl mit dem einfallenden parallel. Hieraus folget, daß das Brechungsverhältniß aus A in C, aus den Brechungsverhältnissen aus A in B und B in C zusammengesetzt sey d. i., wenn das Brechungsverhältniß

aus A in B = 1 : m
B in C = 1 : n
C in A = x : 1

ist, so hat man x = mn.

Wenn ein Lichtstrahl unter einem so schiefen Winkel aus einem dichtern Mittel in ein dünneres auszutretten strebt, daß der Sinus seines Ausfallswinkels = 1 oder größer nach dem Gesetz der Brechung würde, so findet kein Austritt Statt, die Brechung geht dann in Zurückstrahlung über. Dieß muß man sich nach der newtonschen Theorie der Brechung als den Fall denken, wo die anziehende Kraft des dichtern Mittels so groß ist, daß sie die perpendiculare Geschwindigkeit, mit welcher der Strahl austretten könnte, vernichtet und in die entgesetzte umwandelt.

Heißt das Brechungsverhältniß 1 : n, so daß der Ausfallswinkel Sin A = n Sin B seyn würde, so giebt 1 = n Sin B die Gränze zwischen der Brechung und Zurückstrahlung an; wäre der Winkel B durch Erfahrung gegeben, so hätte man das Brechungsverhältniß $n = \frac{1}{\text{Sin } B}$ gefunden. Diesen Satz,

verbunden mit dem vorhergehenden, von der Zusammensetzung der Brechungsverhältnisse bey verschiednen Mitteln, hat Wollaston auf eine sinnreiche Art benützt, um die Brechungsverhältnisse mehrerer selbst undurchsichtiger Körper zu bestimmen. Er setzte über diese Körper einen Glaswürfel D, Fig. 164 und suchte die Stelle O des Auges, wo das von A durch das Glas auf den Körper in C fallende Licht aufhörte nach dem Auge in O reflectirt zu werden. Aus dem gemessenen Ein- und Ausfallswinkel bey A und B, dem bekannten Brechungsverhältniß des Glases, lassen sich die Winkel bey C berechnen, und aus ihnen auf das Brechungsverhältniß des Körpers C schliessen. Es ist gegen diese sinnreiche Methode nur zu bemerken, daß es schwer hält mit aller Schärfe die Stelle des Auges O zu zu finden, wo die Zurückstrahlung aufhöret, weil dabey viel auf die Erleuchtung und Farbe des Gegenstands C ankommt.

Von der Brechung des Licht's in Prismen, deren Oberflächen einen Winkel mit einander bilden.

§. 244.

Es bezeichne ABC Fig. 165 den auf seine Axe senkrechten Durchschnitt eines Prismas, lm den einfallenden Strahl, mn den zum erstenmahl gebrochnen, no den zum zweitenmahl gebrochnen ausfahrenden Strahl, ma das Einfallsloth, anp das Ausfallsloth: so sind amn der Einfallswinkel, amn, anm die Winkel des gebrochnen Strahles mit den Neigungslothen der Vorder- und Hinterfläche des Prismas, onp der Ausfallswinkel. Wir wollen unter m und n die Winkel des gebrochnen Strahles mit den beiden Neigungslothen, unter i aber den Einfallswinkel verstehen. Man übersieht sogleich, daß m durch den Einfallswinkel i und das Brechungsverhältniß, n durch m, A und das Brechungsverhältniß; der Ausfallswinkel aber durch n und das Brechungsverhältniß gegeben sind. Nehmen wir ferner die Einfalls- und Ausfallswinkel des

Licht's so klein an, daß man die Sinusse mit den Bögen verwechseln darf: so erhält man kurz weg
$< m = {}^2/_3$ i wenn 3 : 2 das Brechungsverhältniß bezeichnet, $< n = 2R - (a + m)$, aber $a = 2R - A$ folglich $n = A - m$, und den Ausfallswinkel o n p $= w$ $= {}^3/_2 n = {}^3/_2 (A - m) = {}^3/_2 A - i$.

Denkt man sich l u bis zum Schneidungspunct mit a p nach p verlängert, so ist $p = 2R - (a + i) = A - i$, und $u = w - p$. Schreibt man nun für w und p die gefundnen Werthe, so ergiebt sich für $u = {}^3/_2 A - i - A + i$ $= {}^1/_2 A$.

Hieraus folgt, daß der Winkel, welchen der ausfahrende Strahl mit dem einfallenden macht, von dem Brechungsverhältniß und dem Winkel A abhängt. Daher heißt der Winkel A der brechende Winkel des Prismas.

Macht der einfallende Strahl und der ausfahrende, wie in der Figur 165, mit den Seiten des Prismas gleiche Winkel, so hat die durch die Brechung bewirkte Ablenkung $= u$ ihren kleinsten Werth.

Diese Stellung des Prismas kann man leicht durch einen Versuch finden. Hat man den Winkel $= u$ gemessen, und sind die Winkel des Prismas A und B bekannt, so erhält man den Einfallswinkel $i = \frac{A + u}{2}$ und den gebrochenen Winkel $m = 90° - B = {}^1/_2 A$ und aus $\frac{\text{Sin } m}{\text{Sin } i} = \frac{\text{Sin } {}^1/_2 A}{\text{Sin } {}^1/_2 (A + u)}$ das Brechungsverhältniß, ohne den Einfallswinkel i zu messen. Daher bedienet man sich gerne dieser Stellung des Prismas, um daraus das Brechungsverhältniß der Materie, woraus das Prisma verfertiget worden ist, zur Luft herzuleiten. Man verfähret hierbey am beßten so: man stellt ein gut geschliffenes Prisma C Fig. 166 senkrecht vor das Fernrohr eines Winkelmessers, sieht durch das Fernrohr und das Prisma nach einem fernen gut begränzten und erleuchteten Gegenstand o, und bemerkt bey welchem andern Punct p der Gegenstand o durch

die Brechung hin verrückt erscheint, indem man bald durch das Prisma, bald neben vorbey nach p sieht. Dabey dreht man das Prisma so lange um seine lothrechte Axe, bis der Winkel o C p seinen kleinsten Werth erhält; darauf misset man nach hinweggenommenem Prisma den Winkel o c p. Dieß ist der Winkel, den wir oben mit u bezeichnet haben. Den brechenden Winkel des Prismas A misset man am besten mit Hülfe eines Reflexionsgoniometers §. 232.

Wird das Prisma hohl aus drei recht parallel und eben geschliffenen Spiegelgläsern zusammengesetzt, so kann man dasselbe mit einer beliebigen Flüssigkeit füllen, und so das Brechungsverhältniß der Flüssigkeit finden.

Biot und Arago bedienten sich zur Bestimmung der brechenden Kraft der atmosphärischen Luft und verschiedner Gasarten eines hohlen Prismas von besonderer Bauart. a b d c Fig. 167 war ein Cylinder von Blech, unten mit einem Hahnen und einer Oeffnung versehen, der sich auf die Luftpumpe schrauben ließ, oben mit einer Röhre zur Aufnahme eines Thermometers f bestimmt. Das cylindrische Gefäß war an seinen Enden durch zwei ebene Glastafeln, a b, c d, schief und unter gleichen Winkeln gegen die Axe gestellet, geschlossen. Diese Glastafeln bildeten die Seitenflächen des Prismas. Sollte die Brechungskraft eines Gases z. B. der atmosphärischen Luft gefunden werden; so evacuirte man das Prisma auf einer guten Luftpumpe, stellte es vor das Fernrohr eines Winkelmessers, und verfuhr übrigens wie schon beschrieben worden ist. Hieraus ergab sich das Brechungsverhältniß n : 1, und nach der newtonschen Theorie die absolute brechende Kraft $= n^2 - 1$, sowie die specifische $= \frac{n^2 - 1}{d}$.

Sollte das Brechungsverhältniß eines künstlichen Gases gefunden werden, so wurde der Apparat, nachdem er evacuiret worden war, mit dem Gas gefüllt, und der Versuch ebenso wie vorher angestellet. Dieß gab zunächst das Brechungsverhältniß des Gases in Beziehung auf die atmosphärische Luft, und durch Zusammensetzung mit dem Resultate des ersten Versuchs auch dasselbe in Beziehung auf den leeren Raum.

Die folgende Tafel enthält die Brechungskräfte einiger Körper nach Newton und der Gase nach Biot und Arago für einen Barometerstand von 28″ und die Temperatur = 0.

Körper	Brechungsverhältniß	Brechungs-Kraft absolute	Brechungs-Kraft specifische
Luft	3201 : 3200	0,000625	5208
Gips	61 : 41	1,213	5386
Glas	31 : 20	1,4025	5436
Bergkrystall	25 : 16	1,445	5450
Regenwasser	529 : 396	0,7845	7845
Weingeist	100 : 73	0,8765	10121
Olivenöhl	22 : 15	1,1511	12607
Bernstein	14 : 9	1,42	13654
Diamant	100 : 41	4,949	14556
atmosphär. Luft . .		0,000589171	1,00000
Sauerstoffgas . . .		0,000560204	1,86101
Stickgas		0,000590436	1,03408
Kohlensaures Gas . .		0,000899573	1,00476
Wasserstoffgas . . .		0,000285315	6,61436
Kohlenwasserstoffgas . .		0,000703669	2,09270
Ammoniakgas . . .		0,000762349	2,16851

Die Beständigkeit der specifischen Brechungskraft der nicht brennbaren Körper nach Newtons Versuchen bestättiget dessen Behauptung, daß die absoluten Brechungskräfte im Verhältniß der Dichten stehn, welches Biot und Arrago auch bey den nicht brennbaren Gasarten fanden. Eben so findet sich die große lichtbrechende Kraft der brennbaren Körper in dem Wasserstoffgas wieder.

Woher rühret aber die große Brechungskraft des Diamanten, da dem Kohlenstoff diese nicht zukommt? Die Vermuthung, daß der Diamant Wasserstoff enthalte, hat sich nicht bestättiget.

Es scheint, daß der Aggregationszustand der Moleculen, wovon die Krystallisation abhangt, auf die Brechungskraft einen wesentlichen Einfluß habe. Wir werden dieß unten durch die doppelte Strahlenbrechung bestättiget finden.

Von der Brechung des Licht's in Linsengläsern.

§. 245.

Unter Linsengläsern versteht man im Allgemeinen Glä-

ser, welche von zwei Kugelabschnitten zusammengesetzt sind, deren Mittelpuncte in einer und derselben geraden Linie liegen, welche man perpendicular von der Mitte des Glases aufrichtet.

Das eigentliche Linsenglas ist das doppelt convexe Glas Fig. 168 I. Seine beiden Halbmesser r, r', welche auf entgegengesetzten Seiten von der Mitte des Glases aus gerechnet in der Axe Cc liegen, können gleich oder ungleich seyn. Das planconvexe Glas Fig. 168 II ist gleichsam als ein doppelt convexes zu betrachten, dessen einer Halbmesser, in unserm Beyspiel der Vorderfläche, unendlich groß wäre. Der Meniscus 168 III ist eine Linse, an welcher zwar die eine Fläche concav aber nicht so stark gekrümmt ist, als die convexe Fläche, daher ist bey ihm der Halbmesser der concaven Seite größer als der Halbmesser der convexen Seite. Diese drei Linsengläser wirken wie convexe Gläser, d. i. sie brechen die Lichtstrahlen von dem Rande nach der Axe hin, weil der scharfe Rand dieser Gläser als der brechende Winkel einer Reihe von Prismen zu betrachten ist, welche mit ihren Rücken rund um die Axe Cc gestellet wären. Fig. 168 IV, V, und VI sind die concaven Linsengläser; das doppelt concave, planconcave, und concav-convexe. Bey letzterm ist der Halbmesser der Concavität kleiner, als der Halbmesser der Convexität. Diese drei Gläser brechen das Licht von der Axe nach dem Rande. Es sind Zerstreuungsgläser, so wie die drei zuerst genannten Sammlungsgläser des Licht's. Auch sind die convexen Gläser Vergrößerungsgläser, die hohlen Verkleinerungsgläser. Noch könnte man sich ein Linsenglas denken, dessen beide Kugelflächen concentrisch mit nahe gleichen Halbmessern beschrieben wären. Ein solches Glas ist weder ein Sammlungs- noch Zerstreuungsglas, sondern

wirkt wie ein Planglas. Von der Art sind die gewöhnlichen Uhrgläser. Wir wenden uns nun zur nähern Betrachtung von den Gesetzen der Brechung des Lichts in den Linsengläsern.

§. 246.

Wir wollen die Bemerkung vorausschicken, daß man den zu optischen Werkzeugen gebräuchlichen Linsengläsern in der Regel eine so kleine Breite giebt, daß man die Sinusse der Neigungswinkel selbst der gegen den Rand hineinfallenden Strahlen den Winkeln proportional nehmen dürfe. Dieß vorausgesetzt, wollen wir zuerst die Brechung bestimmen, welche parallel mit der Axe einfallendes Licht in einem doppelt convexen Glas im Fig. 169 von gleichen Halbmessern erleidet. Wir setzen dabey das mittlere Brechungsverhältniß im Glas $^3/_2 : 1$ (n : 1). Ein Strahl, welcher in der Richtung der Axe e C auffällt, geht, weil er sowohl die Vorder-, als Hinterfläche des Glases senkrecht trifft, ungebrochen durch. Ein parallel mit der Axe gegen den Rand des Glases einfallender Strahl li macht bey seinem Eintritt ins Glas an der Vorderfläche mit dem Neigungsloth den Einfallswinkel Cib, welcher dem Winkel am Mittelpunct e C i gleich ist, er heiße $= i$, daher ist nach unsrer Voraussetzung der gebrochne Winkel Cid $= {}^2/_3\, i$ und der Brechungswinkel oder die Zulenkung zur Axe bid $= {}^1/_3\, i$. Beym Ausfahren des Lichts ist der Winkel mit dem Ausfallsloth an der Hinterfläche $=$ aid $= {}^4/_3\, i$ weil aib $=$ icC $=$ eCi $=$ i ist, folglich der gebrochne Winkel aif $= {}^3/_2$ aid $= {}^3/_2 \cdot {}^4/_3\, i = 2i$. Folglich wird if mit iC zusammenfallen, weil auch aiC $= 2i$ ist. Da nun diese Betrachtung nicht durch die Größe des Winkels i verändert wird, so lange wir die

Sinusse ihren Winkeln proportional nehmen, so erhellet, daß alle zwischen l i und der Axe rund um auf das Linsenglas fallenden Strahlen durch die Brechung einen Vereinigungspunct in f haben werden, welchen man den Brennpunct des Linsenglases, und seine Weite von der Mitte des Glases gerechnet die Brennweite nennt; sie ist in dem hier betrachteten Falle = r gleich dem Halbmesser der Vorder- und Hinterfläche des Glases.

Fiel ein Lichtstrahl wie l′i′ in einer solchen Entfernung von der Axe auf das Glas, daß die Sinusse der Einfallswinkel nicht mehr den Winkeln proportional genommen werden dürfen, so erleidet dann das Licht eine stärkere Brechung nach i f′, so daß der Punct f′, wo ein solcher Strahl die Axe schneidet, näher als der Brennpunct hinter dem Glas liegt. Die zwischen i und i′ rund um gegen den Rand des Glases fallenden Strahlen werden sich in Puncten wie f″ schneiden, und es giebt also bey einem breiten Linsenglas nicht einen, sondern eine unzählige Menge von Brennpuncten, welche alle in einer krummen Oberfläche liegen, deren Durchschnitt mit einer durch die Axe gelegten Ebene eine krumme Linie bildet, die man die Brennlinie nennt. Es betrage z. B. der Einfallswinkel a′i′b′ = 30° so wird der Brechungswinkel b′i′d′ = 10° 30′, und der Winkel a′id′ = 40° 30′, aber a′if′ = 76° 57′ betragen, also um 16° 57′, größer als der < a′i′C seyn.

Da die Lichtstrahlen, nachdem sie sich in einem Punct f geschnitten haben, hinter demselben wieder aus einander fahren, so kann man den Brennpunct und die Brennweite eines Linsenglases leicht durch einen Versuch finden, wenn man die Axe desselben nach der Sonne richtet, und ein weißes Blatt Papier so lange hinter dem Glas hin und her bewegt, bis man die Stelle gefunden hat, wo das kleine Sonnenbild, den kleinsten und hellsten Kreis giebt. Ist das Linsenglas etwas breit, und man bedeckt zuerst den Rand desselben, indem man die Mitte frei läßet, und dann die Mitte bey frei gelassenem Rand, so wird man im ersten Fall die Brennweite etwas länger als in dem andern finden.

Da die meisten Strahlen sich in dem eigentlichen Brennpuncte vereinigen, auch bey optischen Werkzeugen diejenigen Strahlen, welche um die Axe der Linsengläser einfallen, die

reinsten Bilder geben, so sucht man die am Rande einfallenden Strahlen, welche Undeutlichkeiten verursachen, durch Bedeckungen (die man Blendungen nennt) so weit fortzuschaffen, bis sie unschädlich werden.

§. 217.

Betrachten wir nun ein planconvexes Glas Fig. 17 mit der ebenen Seite nach dem leuchtenden Gegenstande gekehret; es sey li ein parallel mit der Axe auffallender Strahl, bey seinem Eintritt in die Vorderfläche wird er gar nicht abgelenkt werden, und daher bey seinem Austreten den Winkel aib = i mit dem Einfallsloth machen, dieser Winkel wird durch die Brechung bey dem Ausfahren zu aif = $^3/_2$ i verwandelt werden, daher bif = $^1/_2$ i seyn. Betrachten wir nun das Dreieck eif, so verhalten sich darin die Winkel bey e und f wie i : $^1/_2$ i = 2 : 1, daher die gegenüber liegenden Seiten if : ei ebenso, und man erhält if = 2ei = 2r, also die Brennweite dem Durchmesser der krummen Oberfläche gleich.

Sonach hätten wir für das doppelt convexe Glas mit gleichen Halbmessern die Brennweite f = r, und für das planconvexe f = 2r gefunden. Eine ähnliche weiter fortgesetzte Betrachtung zeiget, daß für alle converen Linsen, die Halbmesser der Vorder- und Hinterfläche mögen beschaffen seyn wie sie wollen, die Brennweite durch den Ausdruck $f = \frac{2rR}{R + r}$

oder allgemeiner $f = \frac{rR}{(n - 1) R + r}$

wenn 1 : n das Brechungsverhältniß ist, gegeben sey. Wirklich gehen die vorher betrachteten Fälle aus der allgemeinen Formel hervor, wenn wir darin erstens R = r, und zweitens R = unendlich setzen.

§. 248.

Es sey mi Fig. 171 ein doppelt concaves Glas von gleichen Halbmessern, li ein parallel mit der Axe auf dasselbe einfallender Strahl, welcher mit dem Neigungsloth ci den Winkel lic = aid = icC mache, den wir = i heißen wollen. Der zum ersten mahl gebrochne Strahl wird mit ai den Winkel aib = $^2/_3$ i machen. Nimmt man an, der Ein- und Austrittpunct i und i′ liege, wegen der nicht zu beachtenden Dicke des Glases in der Mitte beysammen, so wird der Neigungswinkel beym Austritt cib = $^4/_3$ i, und der wirkliche Ausfallswinkel Cia = $^3/_2 \cdot {}^4/_3$ i = 2i seyn. Es ist aber auch Cia = C + c, und weil C = c = i sind, so sieht man, daß die Linien ci und i′a in eine und dieselbe gerade Linie fallen. Es werden also alle Lichtstrahlen, welche parallel mit der Axe auf ein doppelt concaves Glas fallen, durch die Brechung hinter demselben so zerstreuet, als ob sie von einem Punct c vor dem Glase herkämen, welches in unserm zunächst betrachteten Falle mit dem Mittelpunct der Vorderfläche einerlei ist. Die Weite des Zerstreuungspunctes vor der Mitte des Glases, heißet die Zerstreuungsweite, oder geometrische Brennweite.

Da wir für die Zerstreuungsweite bey dem doppelt concaven Glas von gleichen Halbmessern, denselben Werth wie für die Brennweite des doppelt convexen Glases von gleichen Halbmessern gefunden haben, so wird man leicht die Folge ziehen, daß auch für andere Verhältnisse der Halbmesser für concave und convexe Gläser gleiche Regeln zur Findung der Brennweite gelten, welches denn auch der Fall ist.

Die Formel $f = \frac{-2rR}{R+r}$, oder allgemein $\frac{-Rr}{n-1\,(R+r)}$

drückt die Brennweite für die concaven Linsen aus; und das Zeichen — deutet an, daß die Brennpuncte, Zerstreuungspuncte sind, oder die entgegengesetzte Lage in Beziehung auf die Brennpuncte der convexen Linsen haben.

Will man die Zerstreuungsweite eines concaven Glases durch einen Versuch finden, so bedecke man die Vorderfläche des concaven Glases mit einem schwarzen Papier, in welches man mit einer Stecknadel drei kleine Löcher gestochen hat, das eine genau in der Mitte, die beiden andern in einer geraden Linie in gleicher Entfernung recht und links vom Mittelpunct. Man zeichne auf ein Kartenblatt 3 schwarze Puncte in einer geraden Linie, welche die doppelte Entfernung der drei Oeffnungen von einander haben. Jetzt richte man das Concavglas mit seiner Axe nach dem Mittelpunct der Sonne, so werden die drei durch die Oeffnungen A, C, B, Fig. 172 fallenden Sonnenbilder hinter dem Glase divergiren, als ob sie von dem Punct f erleuchtet würden. Verändert man hierauf die Entfernung der Karte hinter dem Glase so lange, bis die Sonnenbilder auf die drei Puncte a, c, b fallen, so wird die Entfernung Co der Karte vom Glase, der Zerstreuungsweite Cf gleich seyn. Liegen die drei Oeffnungen A, C, B, einander so nahe, daß ein in die verlängerte Axe Cf gestelltes Auge die durch die Oeffnung fahrenden Parallelstrahlen zugleich fassen kann, so ist Co die Zerstreungsweite, wenn das Auge die drei Puncte a, c, b durch die drei Oeffnungen zugleich sieht. Diesen Versuch kann man bei bloßem Tageslicht anstellen.

Entstehung der Bilder in Linsengläsern.

§. 249.

Um zu begreifen, wie durch die Brechung der Lichtstrahlen Bilder von Gegenständen in Linsengläsern entstehen, erinnere man sich vor allen Dingen des Satzes, daß das Bild eines Punctes vom Auge an die Spitze des Lichtkegels gesetzt wird, von welcher es das Licht des Puncts erhält.

Nun bezeichne MN Fig. 173 ein convexes Glas, AB einen leuchtenden Gegenstand vor demselben. Man ziehe

von den äussersten Puncten A, und B des Gegenstandes die Linien ACa, BCb durch die Mitte des Glases, sie bilden die Axen der von den Puncten A und B des Gegenstandes nach dem Glase fallenden Lichtkegel, und gehen ungebrochen durch, weil sie beinahe senkrecht und auf zwei untereinander parallelle Elemente der Vorder- und Hinter-Fläche des Glases fallen. In ihnen werden die Spitzen der gebrochnen Strahlenkegel a und b liegen. Um deren Entfernung hinter dem Glase zu bestimmen, erinnere man sich, daß ein von dem Punct A parallel mit der Hauptaxe Cc auf das Glas fallender Lichtstrahl Ad die Hauptaxe in dem Brennpunct f schneidet, verlängert man df bis es der Axe Aa in a begegnet, so giebt Ca die Entfernung der Spitze des gebrochnen von dem Punct A ausgehenden Strahlenkegels, und a ist zugleich das Bild des Punctes A, ebenso ist b Bild des Punct's B, daher ab ein verkehrtes Bild des Gegenstandes AB. Wie sich die Größe beider gegen einander verhalte, hängt von den Entfernungen ca, CA ab. Man sieht sogleich, wenn der Gegenstand AB von dem Glase abwärts, ins Unendliche hinausrückt, so wird die Divergenz der Linien Ca, Cb immer kleiner und der Schneidungspunct a muß immer näher zu f rücken, daher liegt von einem unendlich entfernten Gegenstand, das kleine verkehrte Bild im Brennpunct des convexen Glases. Rückt der Gegenstand näher zum Glase, so rückt sein Bild hinter dem Glase weiter hinaus und wird größer. Wenn der Gegenstand um die doppelte Brennweite vor dem Glase liegt, so liegt sein Bild eben so weit hinter dem Glase und ist ihm an Größe gleich. Rückt der Gegenstand noch näher, so fället sein verkehrtes Bild weit hinter das Glas und wird größer als der Gegenstand. Für einen Gegenstand, welcher im Brenn-

punct des Glases stehet, fället das Bild ins Unendliche hinaus. Den Fall, wenn der Gegenstand zwischen dem Brennpunct und dem Glas stünde, erläutert Fig. 171. Hier bezeichnen ab den Gegenstand, f f′ die Brennpuncte des converen Glases MN diesseits und jenseits. Um die Stelle des Bildes AB zu finden, ziehe man die Are OaA, obB dann von a aus den Parallelstrahl mit der Hauptare ad und von d nach dem Brennpunct f′ die gerade Linie df′ und verlängere dieselbe, bis sie der Ar OA in A begegnet. Man sieht daß nun das Bild AB aufrecht und vergrößert mit dem Gegenstand auf einer Seite des Glases lieget.

Was hier durch Zeichnung gefunden worden ist, lässet sich schärfer durch die Rechnung bestimmen.

Es heiße der Abstand des Gegenstandes vom Glase Fig. 173 $Ad = AC = a$, der gesuchte Abstand des Bilds $Ca = x$, die Brennweite $Cf = f$; so hat man aus der Aehnlichkeit der Dreiecke aCf, aAd

$$Ad : Aa = Cf : Ca$$

$$a : a + x = f : x$$ und hieraus

$x = \frac{af}{a - f}$. Den Fall Fig. 174 giebt die Formel $x = \frac{af}{f - a}$ an.

Wenn man in dem ersten Ausdruck für x, a nur einigermaßen groß gegen f nimmt, so wird x sehr nahe gleich f. Das will sagen, convere Linsen machen von fernen Gegenständen kleine verkehrte Bilder in ihrem Brennpuncte. Da diese Bilder stark erleuchtet und scharf begränzt sind, so kann man sie selbst noch unter einer starken Vergrößerung hell und deutlich sehen. Hierauf gründet sich die Einrichtung der Fernröhre, wie wir unten bey der Beschreibung der optischen Werkzeuge sehen werden. Befindet sich das Auge o in der verlängerten Are Co Fig. 173 hinter dem Bild, so siehet es dasselbe deutlich, wenn die Entfernung des Auges oa der Weite des deutlichen Sehens entspricht, und größer oder kleiner als es den Gegenstand AB unmittelbar sehen würde, je

nachdem der $<$ aob größer oder kleiner als aCb = ACB ist, das heißt je nachdem oa kleiner oder größer als Ca ist.

Die Fig. 174 dargestellte Entstehung der Bilder dienet dazu, um kleine Gegenstände durch ein zwischen sie und das Auge O gehaltne convexe Linse unter einem größern Sehewinkel, also vergrößert, zu sehen.

Es bezeichne OA die Weite des deutlichen Sehens, Oa eine viel kleinere Entfernung, so würde der Gegenstand ab dem Auge ohne Glas undeutlich erscheinen, durch das Glas sieht es dessen Bild in AB deutlich unter dem Winkel AOB; dächte man sich den Gegenstand in dieselbe Weite gerückt, so würde er unter einem so viel kleinern Sehewinkel erscheinen, als OA größer als Oa ist.

Man suche aus der zweiten Formel für x, umgekehrt $f = \frac{ax}{x - a} = \frac{x}{\frac{x}{a} - 1}$. Nun druckt $\frac{x}{a}$ die Vergrößerungszahl = m aus, also $f = \frac{x}{m - 1}$, daher erhält man f oder die Brennweite der Linse, wenn man die Weite des deutlichen Sehens durch die um 1 verminderte Vergrößerungszahl dividiret, und umgekehret die Vergrößerungszahl $m = \frac{x}{f} + 1$. D. i. man findet die Vergrößerung einer Linse, wenn man die Weite des deutlichen Sehens durch die Brennweite dividiret und den Quotienten um 1 vermehret.

§. 250.

Wie sich Bilder von Gegenständen durch die Brechung in Hohlgläsern entwerfen, erläutert Fig. 175. MN sey ein Hohlglas, AB ein Gegenstand hinter demselben, indessen das Auge seinen Stand dicht vor dem Hohlglase in o habe. Man ziehe von den Gränzen des Gegenstandes die Axen Ao, Bo, welche durch die Mitte des Glases und also ungebrochen gehen. Dann ziehe man von A aus einen Parallelstrahl mit der Hauptaxe Ad, er wird durch

die Brechung im Hohlglas von dem Punct f aus zu kommen scheinen, und daher die Axe A O in a schneiden. Folglich wird das Auge alles von A ausgehende Licht durch die Brechung im Hohlglas so empfangen, als ob es von a käme; a ist folglich das Bild von A, ebenso b von B, und der Gegenstand erscheint dem Auge unter dem Bilde a b. Da dieß dem Glase stets näher liegt als der Gegenstand, so verkleinern die Hohlgläser die hinter ihnen liegenden Gegenstände, und zeigen sie übrigens sehr hell und scharf begränzt. Doch kommt hier die optische Täuschung hinzu, daß wir die Bilder der Gegenstände gewöhnlich weiter hinaussetzen, als sie wirklich von dem Auge liegen, daher uns die Gegenstände in der Regel nicht so stark verkleinert erscheinen, als sie müßten, wenn wir die Bilder wirklich an die Stelle setzten, wo sich die Spitzen der gebrochenen Strahlenkegel befinden.

Je näher der Gegenstand zu dem Glase rückt, desto näher rückt auch sein Bild zu demselben, und endlich fallen beide dicht hinter dem Glase zusammen.

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke f a O, d a A hat man

$$Ad : Aa = fO : ao$$
$$a : a - x = f : x$$
$$ax = fa - fx$$
$$x = \frac{fa}{a + f}$$

woraus sich die verschiednen Werthe von x durch f und a berechnen lassen.

Von dem Gebrauch der Hohlgläser für Kurzsichtige, so wie der Convexgläser für Weitsichtige, soll unten bey dem Bau und der Einrichtung des Auges geredet werden.

Von der durch die Brechung im Prisma hervorgebrachten Farbenzerstreuung.

§. 251.

Man verfinstere ein Zimmer und lasse durch eine kleine kreisrunde Oeffnung l Fig. 176 einen Kegel von Sonnenlicht in das finstere Zimmer fallen, und fange denselben bey i senkrecht mit der Axe auf, so wird man ein kleines kreisrundes Sonnenbild erblicken, dessen wahrer Durchmesser dem scheinbaren der Sonne und der Entfernung li von der Oeffnung entspricht. Daß i ein Sonnenbild nicht blos ein erleuchteter Fleck sey, folgt nicht blos aus dem was §. 230 über die Entstehung der Bilder gesaget worden ist, sondern man kann sich auch durch die Erfahrung davon überzeugen; wenn zufällig eine Wolke die Sonne theilweise bedeckt, so sieht man das Bild der vorüberziehenden Wolke in dem kleinen Sonnenbild.

Fängt man den Lichtkegel an seiner Spitze dicht hinter der Oeffnung durch ein Prisma auf, dessen brechender Winkel A nach unten gekehret ist, so wird man das kleine Sonnenbild i nicht blos durch die Brechung nach m in die Höhe gerückt, sondern zugleich sehr in die Länge gezogen erblicken, so daß vr den Querdurchmesser fünf bis sieben mahl übertrifft, dabey wird das Bild gefärbt erscheinen. Die Farben folgen von unten nach oben in der Ordnung: roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, dunkelblau, violet.

Da nun das Licht, welches in unserm Auge die rothe Farbe erreget, am wenigsten verrückt erscheinet, das grüne mehr, das violette am meisten, so müssen wir daraus mit Newton schliessen, das von der Sonne uns zukommende Licht bestehe aus ungleichartigen Theilen, welche eine verschiedne Brechbarkeit, und die Fähigkeit, die verschiednen

Farben in unserm Auge zu erregen, besitzen. Es giebt also nach Newton sieben verschiedne Haupt- oder Grund-Farben und eben so viele verschiedenartig brechbare Lichter. Misset man die Winkel ilr, ilm, ilv mit der gehörigen Schärfe und zugleich den Winkel des Prismas A, so lassen sich daraus die Brechungsverhältnisse für die verschiedenen Farbenstrahlen nach §. 244 ableiten.

Newton giebt sie wie folgt an, den Sinus des einfallenden Licht's = 1 gesetzt

rothes Licht	1,54	bis	1,5425
orange	1,5425	—	1,544
gelb	1,544	—	1,54667
grün	1,5466,7	—	1,55
hellblau	1,55	—	1,5533
indigblau	1,5533	—	1,5555
violet	1,5555	—	1,56

Also beträgt der größte Unterschied im Brechungsverhältniß vom rothen zum violetten Licht 1,54 : 1,56. Zieht man von den Zahlen den Sinus des Einfallswinkels ab, so erhält man 54 : 55 : 56 für die Verhältnisse der Ablenkungen der rothen, der grünen und der violetten Strahlen. Zieht man diese Zahlen wieder von einander ab, so geben die Unterschiede die Größen der Farbenzerstreuungen an. Man saget daher, die Farbenzerstreuung vom rothen zum grünen, und vom grünen zum violetten Licht betrage $1/_{55}$ von der mittlern Brechbarkeit des Lichts im Glase. Newton hielt dieß Verhältniß für constant, aber Dollond hat durch die Erfahrung bewiesen, daß es Körper gebe, welche bey gleicher mittlern Brechbarkeit eine größere Farbenzerstreuung besitzen, und gründete darauf die wichtige Entdeckung von den achromatischen Fernröhren.

Da nach Newton die Brechbarkeit des Lichts überhaupt auf der chemischen Anziehkraft des Mittels gegen das Licht beruht, so schliesset sich die von ihm entdeckte verschiedne Brechbarkeit der farbigen Strahlen an die Lehre von den chemischen Verwandtschaften an, und hat in neuern Zeiten durch die gleich anzuführenden Entdeckungen eine weitere Stütze erhalten. W. Herschel stellte ein empfindliches Thermometer in die verschiednen farbigen Strahlen des prismatischen Sonnenbildes (Farbenspectrum's) und fand, daß die Wärme von dem violetten Licht an nach dem rothen immer zunimmt, ja die größte Wärme ausser dem rothen Farbenbild an eine Stelle falle, wo das Auge kein Licht mehr wahrnimmt. Daher stellte Herschel die Hypothese auf, das Sonnenlicht bestehe aus wärmenden und leuchtenden Strahlen, wovon jene die minder brechbaren, diese die meist brechbaren seyen. Seebeck, welcher Herschel's Versuche weiter führte, fand zwar die Thatsache, daß die Wärme von dem violetten Licht nach dem rothen zunehme, völlig begründet, aber die Stelle, wo die größte Hitze statt findet, mit der brechenden Materie des Prismas veränderlich, bald in dem rothen Licht, bald darunter, bald darüber, doch niemals über dem gelben Lichte.

Ferner fand man, daß unter den farbigen Lichtern das hellgelbe die größte Leuchtkraft besitze. In Hinsicht auf die chemische Wirksamkeit der verschiednen Lichter wollte Ritter gefunden haben, daß das violette Licht eine desoxydirende, das rothe hingegen eine oxydirende Kraft besitze. Neuern Beobachtungen zufolge besitzt das Licht überhaupt eine desoxydirende Kraft, welche dem violetten Licht im stärksten Grade zukommt, und nach dem rothen hin immer mehr abnimmt. Selbst bey der Erregung der Elektricität und des Magnetismus will man in Hinsicht der farbigen Lichter Unterschiede wahrgenommen haben, welches indessen einer weitern Bestättigung bedarf.

Alles zusammengenommen möchte der Satz feststehen: das Sonnenlicht, wie es sich durch seine Wirkungen an der Oberfläche der Erde zu erkennen giebt, ist aus heterogenen Theilen zusammengesetzt, die verschiedne wärmende, leuchtende und chemisch anziehende Kräfte besitzen, auf denen zugleich die verschiedne Brechbarkeit des Licht's beruhet.

§. 252.

Newton hat zur fernern Begründung der Lehre von

der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts viele andere Versuche angestellet, wovon wir noch einige hier anführen wollen. Man fange mit dem Prisma den in das finstre Zimmer fallenden Lichtkegel so auf, daß die Axe des Prismas vertical zu stehen komme, so wird das Farbenbild nun von dem brechenden Winkel ab in horizontaler Richtung verrückt und in die Länge gezogen erscheinen. Stellt man zwei Prisma von gleicher Brechkraft dicht hinter einander, das erste horizontal, das andere vertical, so daß der einfallende Lichtkegel durch beide gehen muß, so wird das Farbenbild unter einem Winkel von 45° geneigt erscheinen, so daß das violette Licht nach jeder Richtung die stärkste Brechung erleidet. Fängt man das von einem Prisma erzeugte Farbenbild mit einem Schirm AB Fig. 177 so auf, daß man durch eine kleine Oeffnung des Schirms ein farbiges Licht gehen, und auf ein zweites hinter den Schirm gestelltes Prisma fallen lassen kann, so wird das Licht durch die wiederholte Brechung von i nach k gelenkt, aber nicht weiter in verschiedenartige Farben zertheilet erscheinen. Indessen erinnert schon Newton, daß, wenn dieser Versuch wohl gelingen solle, man das Farbenbild des ersten Prismas durch ein convexes Glas verkleinern und schärfer begränzen, auch das Zimmer sehr finster halten müsse, und daß endlich die Oeffnung im Schirm gegen den Durchmesser eines der sieben Farbenbilder klein seyn müsse, sonst erscheint das zum zweitenmahl gebrochne Licht noch mit einem farbigen Saum, der jedoch gegen den durch die erste Brechung erzeugten unbedeutend ist.

Legt man zwei Prismen von gleicher Brechkraft mit ihren brechenden Winkeln in entgegengesetzter Richtung neben einander, so verschwinden Brechung und Farben, weil die entgegengesetzten Brechungen und Farbenzerstreuungen

sich aufheben. Sammelt man das Farbenspectrum eines Prismas in dem Brennpunct einer convexen Linse, so wird das Sonnenbild bis auf einen kleinen Farbenring am Rande wieder weiß erscheinen.

Newtons Farbenlehre.

§. 253.

Auf die vorerwähnten und viele andere Versuche gestützt, entwarf Newton folgende Theorie der Farben. Die Körper erscheinen uns so oder anders gefärbt, wenn ihre Oberflächen die Eigenschaft besitzen, das auf sie fallende gemischte Licht zu zerlegen, daß sie dem Auge nur ein farbiges Licht von dieser oder jener Farbe rein oder vorzugsweise zusenden. Da indessen unser Auge mehr als sieben Farben unterscheiden kann, so müssen wir annehmen, daß durch Vermischung der Hauptfarben in verschiednen Verhältnissen, secundaire Farben hervorgehen. Dies kann man auch durch Versuche mit dem Prisma nachweisen. Man stelle drei Prismen parallel und horizontal unter einander, lasse auf jedes durch eine kleine Oeffnung im Laden des finstern Zimmers einen Lichtbündel fallen. Giebt man nun den einzelnen Prismen verschiedne Drehungen um ihre wagrechte Axe, so kann man es dahin bringen, daß das rothe Bild des obern Prismas nach der Reihe auf das gelbe, blaue, violette Bild der untern Prismen falle. Dann wird man wahrnehmen, daß durch Vermischung des blauen und violetten Lichtes mit dem rothen, die verschiednen Abstufungen des rothen, durch die Vermischungen des blauen Lichts mit dem gelben, die verschiednen Abstufungen des grünen, u. s. w. entstehen.

Aber eben die Erzeugung der Farben durch Vermi-

schaung anderer, hat mehrere Naturforscher zu der Behauptung geführet, es gebe nur 3 einfache Farben, blau, gelb, und roth. Wollte man dieß in Beziehung auf das prismatische Licht gelten lassen, so müßte man rothe, gelbe und blaue Strahlen von sehr verschiedner Brechbarkeit annehmen, sonst wäre ihre Vermischung im Farbenspectrum nicht denkbar, welches aber wieder nicht mit der nahe gleichförmigen Brechbarkeit der sieben prismatischen Grundfarben stimmt. Alles wohl erwogen scheint die newtonsche Farbentheorie eine der beßtbegründeten, ob wir gleich zugeben müssen, daß manche Erscheinungen sich schwer aus dieser Theorie erklären lassen, wenn man nicht zugleich auf die eigne Thätigkeit des Auges und des subjectiven bey der Empfindung der Farben Rücksicht nimmt.

Richtet man das Auge eine Zeitlang auf einen hell erleuchteten Fleck, schliesset und beschattet es alsdann, so empfindet man im Auge einen schwarzen Fleck. War der erleuchtete Gegenstand gelb, so ist das Bild im Auge blau; war er roth, so ist es grün. Das Auge besitzt also eine eigne Thätigkeit, gewisse Farben, wenn es von anderm Licht stark gereitzt worden ist, in sich hervorzubringen. Man heißt sie subjective Farben.

Für die newtonsche Farbenlehre spricht, daß wir durch einfaches prismatisches Licht erleuchtete Körper mit der Farbe des Lichts erblicken, die Farbe des Körpers mag seyn, welche sie will. Ebenso verhält es sich, wenn wir die Körper durch hinlänglich dicke und stark gefärbte Gläser betrachten. Die gefärbten Gläser sind gleichsam Siebe des Lichts, welche nur eine gewisse Gattung von Strahlen durchlassen, die übrigen verschlucken oder reflectiren. Sind die Gläser zu dünne oder ihre Farbe nicht intensiv genug, so zeigen sie eine mittlere Farbe zwischen ihrer eignen und derjenigen der Körper.

Weitere Versuche zur Erläuterung und Bestättigung der

newtonschen Farbenlehre, und der verschiednen Brechbarkeit des Lichts sind folgende.

1) Man ziehe auf einem Blatt Papier einen feinen blauen und rothen Strich in eine gerade Linie nicht länger als 1/2 Zoll, schwärze dann rund um alles auf dem Papier mit Tusche, und betrachte nun die doppelt gefärbte Linie durch ein Prisma, dessen Axe man parallel mit der Richtung der Linien, den brechenden Winkel, wie wir annehmen wollen, nach unten gekehret, dann wird man das Bild der ganzen Linie, aber den rothen Theil weniger, den blauen mehr nach dem Auge hin verschoben erblicken, so daß die Linie nun gebrochen wie Fig. 178 erscheint. Kehret man den brechenden Winkel des Prismas nun in die Höhe, so liegt der blaue Theil am weitesten nach oben.

2) Man ziehe eine feine weiße Linie auf einen schwarzen Grund, oder lege einen feinen Silberdrath auf ein Stück schwarzen Sammet, und betrachte die Linie durch ein Prisma, welches man, wie im vorigen Versuch parallel mit der Linie, den brechenden Winkel nach unten gekehret, halte. Die weiße Linie wird nun ganz verschwunden seyn, und statt derselben wird man auf dem schwarzen Grund ein prismatisches Farbenbild erblicken, in welchem die Ordnung der Farben von oben nach unten roth, orange und violet ist. Kehret man den brechenden Winkel des Prismas bey fortdauerndem Parallelismus mit der Linie nach oben, so ist die Verrückung des Farbenbilds, und die Ordnung der Farbe gerade umgekehret. Stellt man hingegen die weiße Linie senkrecht auf die Axe und Kanten des Prismas, so sieht man die Linie blos oben und unten gefärbt, und zwar oben roth, unten violet, wenn der brechende Winkel nach unten gekehret ist. Die Ergebnisse dieses Versuchs erklären sich sehr vollständig aus der newtonschen Farbentheorie. Es bezeichne A Fig. 179 die Stellung des Prismas, o den Ort des Auges, i einen senkrechten Querschnitt oder Punct der feinen weißen Linie, das von ihm nach dem Prisma strahlende Licht wird durch dasselbe in die Farbenstrahlen v, r zerspalten zum Auge gelangen, und dieß wird die farbigen Bilder der Linie vorwärts nach r und v setzen. Ist die Linie nicht parallel, sondern perpendicular auf die Axe des Prismas, wie i i'', so wird nun das von allen Puncten zwischen i und i'' nach dem Prisma gehende Licht auf ähnliche Art in Farbenstrahlen gespalten, welche aber so auf einander fallen und sich decken, daß sie dem

Auge nur den Eindruck des weißen Lichts geben; blos an den Enden der Linie werden einzelne Farben und zwar bey r die rothe, bey v'' die violette zum Vorschein kommen. Hat man das Ebengesagte wohl verstanden, so wird man eben so leicht das schöne mannigfach wechselnde Farbenspiel begreifen, welches man erblickt, wenn man schwarze und weiße Linien, Lichter, Fensterrahmen und dergleichen, in verschiednen Lagen und Stellungen durch das Prisma beschauet, welche Versuche man sehr vollständig und schön beschrieben findet in Goethes Farbenlehre.

3) Man ziehe auf eine weiße Pappscheibe einen Kreis und theile den Umfang desselben in 7 ungleiche Theile, die sich wie die nachstehenden Zahlen gegen einander verhalten.

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{9}$
R	Or	G	Gr	B	V.B	V

so geben sie die Verhältnisse der Farbenbilder in Beziehung auf ihre Wirkung im Auge nach Newton an. Man ziehe die zu den einzelnen Bögen gehörige Sectoren, lege jeden derselben mit der ihm entsprechenden Farbe, möglichst rein und von gleicher Stärke an, befestige die Scheibe in ihrem Mittelpuncte drehbar, und lasse sie schnell um ihre Axe laufen, so werden die einzelnen Farben verschwinden und dagegen ein Weißgrau zum Vorschein kommen.

Anmerkung.

Warum bey diesem Versuch nicht völliges Weiß, sondern nur ein Weißgrau zum Vorschein komme, erkläret man gewöhnlich daraus, weil die anzuwendenden Färbestoffe nicht reine Farbe seyen, sondern ein Gemische verschiedner Farben und weißen Licht's. Wir suchen den Grund davon noch in etwas anderm. Durch die Geschwindigkeit der Drehung, wodurch erst die Vermischung der einzelnen Eindrücke möglich wird, schwächen sich zugleich diese Eindrücke so, daß die Empfindung des hellen Lichts nicht entstehen kann. Diese Ansicht der Sache erkläret die sonst sehr räthselhafte Erscheinung. Wenn man die Scheibe schneller, als nöthig ist, dreht, so kommt statt des Weißgrauen gewöhnlich wieder eine Farbe zum Vorschein, nach unsrer Erfahrung das Rothgelbe. Wenn durch die allzuschnelle Drehung die Eindrücke der übrigen Farben erloschen sind, so bleibt nur der Eindruck der stärksten Farbe im Auge übrig.

Man kann von der newtonschen Farbenscheibe noch einen andern Gebrauch machen. Die Schwerpuncte der einzelnen Sectoren oder ihrer Bögen am Umfange der Scheibe Fig. 177* sind die Repräsentanten ihrer Farben, der gemeinschaftliche Schwerpunct fällt in den Mittelpunct der Scheibe und bezeichnet das weiße Licht. Lässet man einen oder mehrere einzelne Schwerpuncte weg, und sucht nun zwischen den übrigen den gemeinschaftlichen Schwerpunct, so fällt derselbe nun außer-

halb des Mittelpuncts, und seine Stelle bezeichnet die Farbe, welche aus der Mischung der übrigbleibenden hervorgeht. Je näher der neue Schwerpunct dem Mittelpunct liegt, desto mehr weiß enthält die ihm entsprechende Farbe, je näher dem Umfang, desto gesättigter ist sie. Man kann dieß durch einen Versuch mit dem Prisma auf folgende Weise bestättigen. Man sammle das prismatische Farbenbild in dem Brennpunkt eines converen Glases, wo es, wie schon gesagt, weißes Licht darstellt. Fängt man nun mit einem schwarzen Schirm von gehöriger Breite vor dem converen Glas einzelne oder mehrere prismatische Farben auf, so geht das weiße Bild im Brennpunct alsbald in die complementaire Farbe über, welche die newtonsche Farbenscheibe angiebt. Zu bemerken ist hierbey, daß, wenn die complementaire Farbe zwischen Roth und Violet fället, sie als Purpur erscheint, welches zwar keine einfache prismatische Farbe ist, aber durch Mischung von Violet und Roth erzeugt wird.

Farbenfreie Brechung durch Prismen hervorgebracht, achromatisches Prisma.

§. 254.

Wenn man zwey Prismen von gleicher Beschaffenheit und gleichen brechenden Winkeln, in entgegengesetzter Richtung aneinander legt, so ist zwar alle Farbenzerstreuung, aber auch alle Brechung weg; beide Prismen wirken als ein Planglas mit parallellen Oberflächen. Wäre in allen Körpern die farbenstreuende Kraft genau in dem Verhältniß der brechenden Kraft, so würde keine Brechung ohne Farbenstreuung möglich seyn. Wir verdanken Dollond, wie schon erwähnt, die für die optischen Werkzeuge so wichtige Entdeckung, daß dem nicht so sey. Er fand durch Versuche, veranlasset durch eine Behauptung Eulers, welche auf die farbenfreie Brechung im Auge hinwies, daß ein Prisma von Flintglas (das Bleyoxyd in seiner Mischung enthält) mit einem brechenden Winkel von 20°, und ein Prisma von Crownglas mit einem brechenden Winkel von 30° in entgegengesetzter Richtung an einander gelegt

noch eine Brechung des Licht's hervorbrachten wie ein einfaches Prisma von 10°, dabey aber alle Farbenzerstreuung verschwunden war. Daraus schloß Dollond die Farbenzerstreuung im Flintglas verhalte sich zu der im Crownglas, bey nahe gleicher Brechkraft = 3 : 2, und es gelang ihm nun auch farbenfreie Linsengläser aus einem convexen Crownglas, und einem flächern concaven Flintglas zusammen zu setzen, indem diese Gläser wie Prismen von entgegengesetzten brechenden Winkeln wirken. Die Winkel unter welchen die krummen Oberflächen der Linsen zusammenlaufen oder stoßend gedacht werden können, entsprechen den brechenden Winkeln der Prismen. Da nun die zu optischen Werkzeugen bräuchlichen Linsen von kleiner Breite in Beziehung auf ihre Halbmesser sind, so kann man die Winkel ihrer Flächen, den Halbmessern, also auch den Brennweiten verkehret proportional setzen. Daher folgt aus dem Dollondschen Versuch, daß man die Brennweiten der entgegengesetzt brechenden Linsengläser im verkehrten Verhältnisse ihrer farbenzerstreuenden Kraft wählen müsse.

Versuche mit zwey Prismen von Crown- und Flintglas, die man achromatisch zusammenlegen kann. Man betrachte durch ein Prisma von Crownglas C Fig. 178 * den brechenden Winkel A nach unten gekehret, einen Gegenstand a, so wird man ihn um den Winkel = b C a = $\frac{1}{2}$ A hinaufgerückt, und die Farbenzerstreuung von der Größe x y sehen.

Man betrachte denselben Gegenstand durch ein Prisma von Flintglas F dessen brechender Winkel A′ nach oben gekehret sey, und man wird den Gegenstand um einen Winkel a′ F b′ = $\frac{1}{2}$ A′ herabgerückt sehen, und die Farbenzerstreuung wird x′ y′ seyn. Nun schiebe man die beiden Prismen so vor einander, wie es Fig. 179 * zeiget, so wird man den Gegenstand a um den Winkel a c b = $\frac{1}{2}$ A″ = $\frac{1}{2}$ (A — A′) nach oben verschoben sehen und die Farbenzerstreuung wird weg seyn, wenn die Winkel A und A′ im verkehrten Verhältnisse der Farbenzerstreuungen stehen.

Jetzt wird es auch nicht schwer fallen die Wirkung der achromatischen Linsen zu begreifen. Es bezeichne C Fig. 180 eine convexe Linse von Crownglas, deren Brennpunct f und Farbenzerstreuung xy sey. F eine dicht dahinter stehende Hohllinse von Flintglas deren Zerstreuungspunct f′ und Farbenzerstreuung x′y′. Sind nun die Brennweiten im dem Verhältnisse der farbenstreuenden Kräfte beider Gläser (3 : 2) so wird die gemeinsame Brennweite ungefähr = 3 f seyn, die Farbenstreuung = o.

Wir ersehen hieraus, daß es eine nothwendige Bedingung sey, um achromatische Linsen zu construiren, die farbenzerstreuenden Kräfte der Glasarten, aus welchen die Linsen zusammengesetzet werden sollen, genau zu kennen.

Der von Dollond zuerst eingeschlagne Weg die brechenden Winkel der Prismen so lange zu verändern, bis die Farbenaufhebung vollständig, ist mühsam und Zeitraubend. Daher verdienet die Methode, deren sich Biot und Cauchois bedienet haben, practischen Optikern empfohlen zu werden. Nachdem man die brechenden Winkel der achromatisch wirkenden Prismen näherungsweise zugerichtet hat, setze man die beiden Prismen nicht dicht, sondern in einiger Entfernung mit ihren Axen parallel so zusammen, daß jedes Prisma für sich um seine Axe drehbar sey. Betrachtet man alsdann einen fernen Gegenstand durch beide Prismen mittelst eines achromatischen Fernrohres, und er erscheinet nicht ganz farbenfrei, so drehe man ein oder das andere Prisma so lange um seine Axe, bis dieß der Fall ist. Aus der bekannten Stellung der beiden Prismen gegen einander, ihren brechenden Winkeln, und den Einfallswinkeln der Strahlen lässet sich das Verhältniß der Farbenzerstreuung beider Prismen scharf berechnen.

Nicht minder empfehlenswerth, und durch die trefflichen Fernröhren dieses Künstlers bewähret, ist die von Frauenhofer eingeschlagne Art die farbenzerstreuende Kraft eines Prisma's zu messen. Er ließ durch eine lange schmahle Oeffnung in einem Laden Sonnenlicht in ein finsteres Zimmer fallen, und betrachtete die Oeffnung mit dem achromatischen Fernrohr eines Theodolithen, vor dessen Objectiv er ein gleichseitiges Prisma, die Axe senkrecht, gestellet hatte. In einer Entfernung von 24 Fuß, betrug die scheinbare Größe der Oeffnung nur 15 Secunden in der Breite, 36 Minuten in der Höhe. Das Farbenbild der Oeffnung erschien durch das Fernrohr und das Prisma in horizontaler Richtung ausgedehnet, und voll einer

Menge dunkler Linien in verticaler Richtung, wovon ein[...] viel stärker als die übrigen waren. Diese giebt die Figur 1[...] bey A B C D E F G H J nebst ihrem Ort in Beziehung auf [...] newtonsche Farbe an. Die Messung der Abstände diente zur genau[...] Bestimmung der Farbenzerstreuung'sexponenten. Nun bestim[...]te Frauenhofer auch die Helligkeit der einzelnen Farben, ind[...] er sie mit dem durch das Fernrohr des Theodolithen reflectir[...] Lampenlichte verglich. Die Verhältnisse der Helligkeiten [...] in Fig. 181 durch die senkrechten Ordinaten dargestellet. D[...] Flächenräume zwischen den Ordinaten, den Abscissen und [...] krummen Linie drucken so die Intensitäten der einzelnen F[...]benstrahlen aus. Nun nimmt F. an, die Wirkungen der ei[...]zelnen Farbenstrahlen auf das Auge stehen in dem zusamm[...]gesetzten Verhältnisse der farbenzerstreuenden Kraft und der I[...]tensität des Lichts. Daher sucht er den wahren oder mittler[...] Farbenzerstreuungsexponenten für achromatische Fernröhren, i[...]dem er die einzelnen Farbenzerstreuungsexponenten mit [...] Lichtmengen multipliciret, und ihre Summe durch die gesam[...] Lichtmenge oder die Fläche der ganzen krummlinigen F[...] dividiret. So fand er das mittlere Farbenzerstreuungsverh[...]niß für Crown- und Flint-Glas von gewisser Beschaffenhe[...] = 1 : 2,012. Die Erfahrung an achromatischen Fernröhre[...] gab 1 : 1,98. Uebrigens zeigten sich die farbenzerstreuende[...] Kräfte bey verschiednen Mitteln, und selbst bey dem nämliche[...] mit der Temperatur veränderlich.

Von der Entstehung der dunkeln Linien in dem Farbenbild[...] welche mit dem Lichte, von welchem das Farbenbild herrührt[...] veränderlich ausfallen, werden wir noch bey den Erscheinunge[...] der Beugung des Lichts reden.

Von der doppelten Strahlenbrechung.

§. 255.

Sehr viele krystallisirte durchsichtige Körper, nur die[...]jenigen ausgenommen, deren Grundgestalt der Würfel ist[...] besitzen die merkwürdige Eigenschaft, das durch sie gehend[...] Licht auf zweierlei Art zu brechen, und dadurch Doppel[...]bilder zu erzeugen, wovon das eine der gewöhnlichen[...] das andere der ungewöhnlichen Brechung folgt. Diese Ei[...]

genschaft besitzt in vorzüglich hohem Grade der rhomboedrisch krystallisirte kohlensaure Kalk (Isländische Spath). Wir werden uns daher bey der allgemeinen Darstellung dieser Erscheinungen, auf welche wir uns hier einschränken müssen, vorzugsweise an diesen Körper halten.

Bemerken wir uns vorerst, der Isländische Spath besteht aus einem von sechs ähnlichen Rautenflächen begränzten Rhomboeder, die ebenen Winkel der Rautenflächen betragen 102°, und 78°, die Neigung der Seitenflächen gegen einander an den stumpfen Ecken 105°, an den spitzen Ecken 75°. Der Körper besitzt zwei einander diagonal gegenüberstehende durch das Zusammenstossen dreier stumpfen ebenen Winkel gebildeten Ecken A, A′ Fig. 182, welche kurzweg die stumpfen Ecken heißen sollen. Zieht man von einer stumpfen Ecke A zur gegenüberliegenden A′ eine gerade Linie, so erhält man die Axe des Krystalles, welche mit allen Seitenflächen einen Winkel von 45°23′ macht, und eine Ebene durch die Axe so gelegt, daß sie die stumpfen Winkel der Grundflächen bey A und A′ halbiret, giebt den Hauptschnitt des Krystalls. Ist der Krystall symmetrisch von lauter gleichen Flächen eingeschlossen, so bildet der Hauptschnitt zugleich den Diagonalschnitt des Körpers, und theilet ihn in gleiche und ähnliche Hälften.

I. Fig. 183 stellet den Hauptschnitt besonders vor, und li bezeichne einen auf die Grundfläche A′B′ senkrecht einfallenden Strahl. Folgte derselbe blos der gewöhnlichen Brechung, so würde er nach lim in gerader Richtung durchgehen; dieß thut auch ein Theil des Lichtstrahles, ein anderer Theil aber wird nach der Richtung in abgelenkt werden, und mit dem senkrecht durchgehenden Strahl einen Winkel min bilden, welcher nach Huyghens 6°40′ beträget. Um die Gegend zu finden, wohin der Strahl

durch die ungewöhnliche Brechung abgelenkt wird, zieht man an den Eintrittspunct i die mit der Axe parallele ik, und denke sich von dieser Linie ausgehend eine auf einen Theil des Lichts abstossend wirkende Kraft, so wird in unserm Falle die Ablenkung nach der Seite n oder l hingehen. (Es giebt nach Biot auch Körper, wie z. B. der Bergkrystall, welche in Beziehung auf die doppelte Strahlenbrechung eine Axe der Anziehung haben, in welchem Falle denn die Ablenkung des ungewöhnlichen Strahles nach der Seite von n′ erfolget. Auch giebt es nach Brewster Krystalle mit zwei Axen der doppelten Strahlenbrechung, da denn der ungewöhnlich gebrochne Strahl eine mittlere Richtung zwischen derjenigen hat, die er vermöge jeder Axe allein annehmen würde.)

II. Ist der einfallende Strahl nicht senkrecht auf die Fläche A′B′, aber doch innerhalb der Ebene des Hauptschnitts wie li″, so trennt sich der Strahl bey seinem Eintritt in zwei Bündel, wovon der eine i″m″ der gewöhnlichen Brechung, der andere i″n″ der ungewöhnlichen Brechung folget, und letzterer lieget stets von der mit der Axe parallel an den Einfallspunct gezognen Linie abwärts nach der Seite von B zu, in Krystallen mit abstossender Axe. Nach Malus ist das Verhältniß der gewöhnlichen Brechung zur ungewöhnlichen 1,654 und 1,483 zu 1 im Doppelspath.

III. Die abstossende oder anziehende Kraft der Axe auf den ungewöhnlich gebrochnen Strahl verschwindet, wenn das nach der gewöhnlichen Brechung eintrettende Licht parallel mit der Axe des Krystalles geht, denn in diesem Falle gehen die Wirkungen der anziehenden oder abstossenden Kräfte von jedem Punct des Strahles aus nach allen Richtungen in gleicher Stärke und vernichten sich

selbst. Dieses Gesetz lässet sich am einfachsten durch folgenden Versuch darthun.

IV. Man schneide einen Krystall Fig. 184 senkrecht auf seine Axe mit den Ebenen a'b', ab durch. Fällt nun ein Lichtstrahl wie lm senkrecht auf die eine oder die andere Ebene ein, so geht er ganz ungebrochen und ungetheilet hindurch. Dieß giebt ein Mittel, versuchsweise die Lage der Axe der doppelten Brechung zu finden, wenn man die Richtung der Ebenen ab, a'b' so lange verändert, bis die auf sie senkrecht fallenden Strahlen unzerlegt durch den Krystall gehen.

V. Macht die Einfallsebene des eintrettenden Strahles mit der Hauptaxe des Krystalles einen spitzen Winkel, so tritt der ungewöhnlich gebrochne Strahl aus der Einfallsebene, weil die Kraft, welche diese Brechung erzeuget, stets perpendicular von der Axe ausgeht.

Man kann vermittelst eines natürlich krystallisirten Doppelspathes mehrere der vorhin betrachteten Gesetze durch Versuche erläutern. Zu dem Ende ziehe man auf einem weißen Blatt Papier zwei feine Tuschlinien ab, ac Fig. 185, die sich unter einem rechten Winkel schneiden, setze ein Kalkspathrhomboeder mit seiner Grundfläche mitten über a, und bringe das Auge in eine senkrechte Linie über a, drehe darauf den Krystall so, daß sein Hauptschnitt mit einer der Linien z. B. ac zusammen falle. Man wird dann die Linie ab doppelt, die Linie ac aber einfach sehen, und das ungewöhnliche Bild der Linie ab, wird nach der Seite B des obern spitzen Winkels liegen. Verrückt man das Auge bey unveränderter Lage des Krystalles, innerhalb der über ac lothrechten Ebene nach B hin, so daß man schief gegen a sieht, so werden die beiden Bilder von ab nach A zu rücken, jedoch das ungewöhnliche Bild stets näher nach B liegen. Diese Erscheinungen erläutern sich aus der Betrachtung der Fig. 183, und dem was wir dabey über die Brechung im Hauptschnitt gesagt haben. Bringt man das Auge wieder lothrecht über a, und dreht den Krystall um seine Mittellinie wie um eine Axe, so daß sein Haupt-

schnitt in die Lage AD komme, von welcher wir annehmen wollen, daß sie den Winkel cab halbire; so werden nun beide Linien ab, ac doppelt erscheinen, und die Verrückung der ungewöhnlichen Bilder wird bey beiden Linien gleich seyn, aber weniger wie vorher von der Linie ab allein betragen. Es lässet sich die Größe der Ablenkung sehr leicht durch folgende Construction finden.

Es bezeichne aa' Fig. 185* die Verrückung des Punctes a, wenn der Hauptschnitt die Lage ac hat, kommt er in die Lage ad, so wird die Verrückung des Punct's a nach a'' noch eben so groß seyn, weil das Auge sowohl als der Punct a in Beziehung auf den Hauptschnitt dieselbe Stellung behalten. Zieht man daher mit aa' als Halbmesser den Bogen a'a'', und durch den Punct a'' die Parallellinien mit ab, ac, so ist damit die Lage der doppelten Bilder bestimmt. Zur Messung der Abstände der doppelten Bilder hat Malus folgendes Verfahren in Anwendung gebracht.

Man betrachte ein kleines rechtwinkliches Dreieck acb Fig. 186, dessen längere Seite ac in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilet ist, und zur kürzeren Seite ac ein bestimmtes Verhältniß hat (z. B. 10 : 1) durch einen Doppelspath. Zählet man die Zahl der Theile cd, wo das doppelte Bild der Linie ac die Linie cb schneidet, so lässet sich daraus und dem bekannten Verhältniß ab : ac, die Verschiebung dd' berechnen.

Huyghens hat, ausgehend von der Vibrationstheorie, indem er voraussetzte, es entstünde durch den Widerstand des Mittels in dem Krystall zweierlei Lichtschwingungen, sphärische und sphäroidische, deren kleine Axe mit der Brechungsaxe des Krystalles parallel liege, die Erscheinungen der doppelten Brechung erkläret. La Place hat gezeiget, wie man eben dieses nach der Hypothese von der Materialität des Lichts zu thun vermöge, wenn man den Molecülen des Krystalles anziehende oder abstossende Kräfte auf gewisse Theile des Lichts zuschreibt, die sich nur in verschwindend kleinen Entfernungen äussern, und unter dem Gesetz' der kleinsten Wirkungen stehen. Beide Darstellungsarten lassen sich ohne Rechnung nicht vollständig geben.

Rochon's Mikrometer.

§. 256.

Wir wollen uns zwei Prismen von gleicher doppelt-brechender Kraft, und gleichen Dimensionen, mit ihren brechenden Winkeln A, A′ Fig. 187 so aneinander gelegt denken, daß ihre beiden Flächen AB, und A′B′ genau parallel seyen. Um das Aneinanderstossen an der Grenzfläche A′A vollkommen zu machen, bringt man eine dünne Schichte Therpentin, oder geschmolzenen Mastix dazwischen. Beide Prismen gelten dann für die der gewöhnlichen Brechung folgenden Strahlen, als ein von parallellen Oberflächen begränzter Körper. Das eine Prisma ist so geschliffen, daß dessen Vorderfläche AB senkrecht auf der Axe der doppelten Brechung steht, das zweite Prisma aber dermaßen, daß seine scharfe Kante A′ mit der Axe der doppelten Brechung parallel laufe. Nun falle von einem fernen Gegenstande auf die Vorderfläche AB der beiden Prismen ein Lichtstrahl LJ senkrecht ein; er wird durch das erste Prisma ganz ungebrochen durchgehen, und sein der gewöhnlichen Brechung folgender Theil wird auch ungebrochen durch das zweite Prisma in einer geraden Linie LJO zum Auge gelangen. Der der ungewöhnlichen Brechung folgende Strahl wird aber bey seinem Ein- und Austritt in das zweite Prisma gebrochen werden, und zwar, bey abstossender Wirkung der Axe (die man sich bey J parallel mit der Kante A′ denken muß) von dem Einfallsloth abwärts. Er wird daher nach CN ausfahren. Träfe dieser Strahl das Auge in O nicht, so kann man sich einen von demselben Gegenstand herkommenden Parallelstrahl Ii denken, welcher eine ähnliche Brechung erleidend das Auge erreicht. Dieß wird daher zwei Bilder des Ge-

genstandes sehen, welche um einen bestimmten Winkel O = C aus einander liegen. Dreht man bey unveränderter Stellung des Auges, das Doppelprisma um die Linie OL wie um eine Axe, so wird das zweite von der ungewöhnlichen Brechung herrührende Bild, welches zugleich gefärbt erscheint, um das andere ungefärbte Bild einen Kreiß beschreiben.

Denken wir uns ein solches Doppelprisma mit parallelen Oberflächen längst der Axe AF eines Fernrohrs Fig. 188, dessen Objectiv A ist verschiebbar, so wird man dem Prisma immer eine solche Stellung zu geben vermögen, daß das von dem Objectiv in seinem Brennpunct durch die gewöhnlichen Strahlen entstehende Bild F mit dem durch die Brechung der ungewöhnlichen Strahlen im Prisma entstehenden zweiten Bilde F′ in Berührung kommt. Man sieht, daß die Stellung des Prismas von der Größe des Winkels C abhängt. Rückt das Prisma näher zu F, so werden beide Bilder über einander greifen, und endlich einander decken, rückt hingegen das Prisma weiter nach A zu, so werden sie aus einander liegen.

Aus dem bekannten, oder leicht durch die Erfahrung zu bestimmenden, Werthe des Winkels C, der Entfernung des Prismas FC, und der Brennweite FA, lässet sich auf die Größe des Winkels A und somit auf die scheinbare Größe das durch des Fernrohr beobachteten Gegenstand's schliessen.

§. 257.

Ehe wir die Betrachtung über die doppelte Strahlenbrechung verlassen, müssen wir einige merkwürdige Beobachtungen erwähnen, die uns über die Natur der doppeltbrechenden krystallisirten Körper einigen Aufschluß geben.

Fresnel fand, als er eine Reihe von Glasprismen, die keine doppelte Brechung zeigten, mit ihren Rücken so aneinander legte, daß die scharfen Kanten nach einer Seite gekehret waren, und sie an ihren Rücken zusammen pressete, dann in die Zwischenräume der scharfen Kanten eben so viele unzusammengepressete Glasprismen legte, dieß ganze System von Prismen mit doppelter Strahlenbrechung begabt war, welche mit der ungleich vertheilten Zusammenpressung ab- und zunahm. Auch hat derselbe Naturforscher durch einen sehr einfachen Versuch dargethan, daß ein Gipskrystall sich durch die Wärme nach der Richtung seiner Axe weniger ausdehnet, als in einer auf derselben perpendicularen Richtung. Man küttet zwei Gipsblättchen mit sich kreuzenden Axen auf einander, so lange der Kütt weich ist giebt jedes Blättchen der Ausdehnung des andern nach, sobald er aber erstarret, fangen sie sich wegen der ungleichförmigen Ausdehnung an zu krümmen. Mitscherlich fügte hierzu die Beobachtung, daß der Isländische Spath die größere Ausdehnung in der Richtung seiner Axe besitzt, welches wegen der entgegengesetzten Wirkung seiner Axe in Beziehung auf den Gips zu vermuthen war. Auch reihen sich hieran die Beobachtungen Brewster's, daß Glas, welches keine Polarisation des Lichts äussert, sie erhält, wenn man dasselbe durch mechanische Gewalt oder durch Erwärmung an einer Seite stärker ausdehnet als an der andern.

Eben dieser Naturforscher bemerkte, daß diejenigen Krystalle, welche nur eine Axe der doppelten Strahlenbrechung besitzen, solche sind, in welchen sich nur eine Axe symmetrisch, oder eine gegen mehrere Axen symmetrisch liegende Linie ziehen lässet. Bey den Körpern mit zwei Axen der doppelten Brechung lassen sich zwei solcher Linien

angeben, und endlich bey denjenigen, welche keine doppelte Strahlenbrechung besitzen, stehen drei Axen senkrecht auf einander. Die mit einer Axe gehören nach Mohs zu den rhomboedalen, die mit zwei Axen zu den pyramidalen, und die einfach brechenden zu dem Würfel-Geschlechte der krystallischen Kerngestalten.

Gilb. Annal. 1821. 9. St.

Von den Farben dünner Körper.

§. 258.

Es ist eine bekannte Sache, daß man ein schönes Farbenspiel erblickt, wenn das Auge von dünnen Schichten durchsichtiger Körper Licht durch Reflexion erhält, z. B. wenn man auf Seifenblasen sieht, oder auf eine Glas- oder Marmorplatte, die man mit einer verdünsteten Flüssigkeit (z. B. Weingeist) bestrichen hat, in dem Augenblick wenn der letzte Hauch abdünstet. Dieses schöne, aber unter diesen Umständen sehr wandelbare Farbenspiel ist unter Newtons Händen der Gegenstand einer scharfsinnigen Betrachtung geworden, welche uns neue Eigenschaften des Lichts kennen gelehret hat.

Vor allen Dingen ist es nöthig, jene wandelbare Erscheinung mehr zu fixiren, um sie einer genauern Beobachtung und Messung unterwerfen zu können. Dieß geschieht, wenn man zwei ebene Glasplatten, Prismen oder dergleichen auf einander legt, und durch ihr eignes Gewicht oder hinzukommenden Druck zusammenpresset; es bilden sich dabey in der Regel eine oder mehrere Stellen, in welchen sich die Körper vollkommner als in den übrigen berühren. Die Berührungspuncte oder Kreise erscheinen von oben angesehen schwarz; darauf folgen weiße und farbige Ringe

in verschiebner Abwechslung, welche am Durchmesser zu-
an Breite und Glanz aber abnehmen, bis sie endlich nach
einer sechs bis siebenfachen Wiederholung verschwinden.
Die Farben verändern sich, wenn man durch stärkere Zu-
sammenpressung der Gläser die zwischen ihnen befindliche
Luftschichte dünner macht, dabey breitet sich der innerste
schwarze Kreiß aus und nimmt zugleich die Stelle des
nächsten weißen Ringes ein, dieser tritt an die Stelle des
farbigen, und so fort rücken die Stellen der einzelnen
farbigen Ringe von innen nach aussen, indem sie sich aus-
breiten. Die beschriebenen Farben erblickt das Auge durch
reflectirtes Licht. Hält man die Gläser zwischen das Auge
und den hellen Himmel, so erblickt man zwar auch Farben-
ringe, diese sind aber gerade die entgegengesetzten von den
vorher beobachteten, d. i. die schwarzen Stellen erschei-
nen nun weiß, die weißen schwarz und die farbigen Ringe
mit den Ergänzungsfarben. Schon hieraus kann man den
Schluß ziehen, daß diese Farbenerscheinung durch abwech-
selnd durchgehendes und zurückgestrahltes Licht in der dün-
nen zwischen den Gläsern befindlichen Luftschichte hervorge-
bracht werden, da sich die Farben mit der Dicke dieser
Luftschichte verändern.

Zur genauen Messung der Farbenringe und der Be-
stimmung ihrer Ordnungen bediente sich Newton eines sehr
flachen Linsenglases von 51 Fuß Krümmungshalbmesser,
das er auf eine ebene Glastafel legte. Man vergleiche
Fig. 189, wo die an der geraden Linie stehenden Farben,
die des reflectirten Licht's, die an der krummen Linie
stehenden die des durchgelassenen Lichts bezeichnen.

Es war die Ordnung der reflectirten Farben vom
Mittelpunct an

Schwarz, Blau, Weiß, Gelb, Roth	I Ring
Violet, Blau, Grün, Gelb, Roth	II Ring
Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth	III Ring
Grün, Roth	IV Ring
Grünlichweiß, Roth	V Ring
Grünlichblau, blaßroth	VI Ring.

Nun maß Newton die Durchmesser der Ringe bis zu ihren glänzendsten und ihren dunkelsten Stellen, quadrirte diese Zahlen und fand die Quadrate der ersten Reihe nach den Zahlen 1, 3, 5, 7
der andern Reihe
nach 0, 2, 4, 6 fortschreitend.

Es entsprechen aber die Quadratzahlen der Durchmesser der Ringe den Abständen der Gläser oder den Dicken der Luftschichten an diesen Stellen. Daher kam es jetzt nur darauf an die Dicke einer einzigen Stelle genau zu bestimmen, um die aller übrigen zu finden. Dieß that Newton und fand nach gehöriger Messung und Rechnung für die glänzendsten Stellen des 1ten, 2ten, 3ten und 4ten Ringes

$^1/_{178000}$, $^3/_{178000}$, $^5/_{178000}$, $^7/_{178000}$

für die dunkelsten Stellen

$^2/_{178000}$ $^4/_{178000}$ $^6/_{178000}$ $^8/_{178000}$

eines englischen Zolles.

Diese Größen gelten für senkrecht einfallendes Licht, bey schief einfallendem erweitern sich die Durchmesser und Dicken der einzelnen Ringe.

Die Quadratwurzeln der Zahlen

1 , 3 , 5 , 7 , 9

sind 1,000 1,732 2,236 2,645 3,000, deren Unterschiede 1,732 ; 0,504 ; 0,409 ; 0,355

Den Unterschieden sind aber die Breiten der Ringe

proportional, welche also von der Mitte aus abnehmend sind, wie es die Erfahrung bestättiget.

Jetzt untersuchte Newton in wie ferne sich die Erscheinung ändere, wenn man zwischen die Gläser statt der Luft Wasser oder eine andere dichtere Flüssigkeit bringt, oder wenn man ein dichteres brechendes Mittel durch zwei dünnere begränzet. Zu den letztern Beobachtungen dienten ihm die Seifenblasen, welche er unter Glasglocken vor dem Zug der Luft schützte und so weniger wandelbar machte. Er fand im Ganzen dieselbe Ordnung der Farben, dieselbe Gesetze für die ihnen entsprechenden Dicken der Schichte, nur fiel die absolute Größe der letzten in dem umgekehrten Verhältnisse des Brechungsverhältnisses der die Farben erzeugenden Schichte kleiner aus.

§. 259.

Da die beobachteten Farbenringe von gemischtem Lichte herrührten, welches eine ungleiche Brechbarkeit besitzt, so untersuchte Newton darauf, welche Erscheinung das einfache Licht darbietet, wenn es durch dünne Schichten reflectiret wird. Zu der Absicht leitete er einen Lichtkegel in ein finsteres Zimmer, zerstreuete ihn durch ein Prisma in die einfachen Farben, und ließ nach und nach die violetten, die blauen u. s. w. Strahlen auf seinem oben beschriebenen Apparat zur Bildung der Farbenringe fallen. Die Ringe, welche jetzt entstanden, zeigten nur die Farbe des auffallenden Lichts und waren rein durch dunkle Zwischenräume gesondert; die farbigen Ringe waren nicht gleich hell, sondern hatten gegen ihre Mitte eine Stelle, wo sie am hellsten erschienen. Die von den einzelnen Farben gebildeten Ringe hatten nicht gleiche Breiten und Durchmesser, sondern ihre

Abmessungen waren für das violette Licht am kleinsten, für das rothe am größten.

Newton maß die Durchmesser der innern und äußern Umfänge der Ringe, wenn sie von den an der Gränze der prismatischen Farbenbilder liegenden Strahlen hervorgebracht worden, und fand, daß die Durchmesser der Ringe bey den verschiednen Farben sich wie die Cubikwurzeln aus den Quadraten der Zahlen

$1/2,\ 9/16,\ 3/5,\ 2/3,\ 3/4,\ 5/6,\ 8/9,\ 1,$

welche die musikalische Tonleiter darstellen, verhalten. Jetzt hielt es Newton für erwiesen, daß die Farbenringe auch bey einfallendem gemischten Lichte, dadurch entstanden, weil die einzelnen Farbenstrahlen, je nach der Dicke der Luftschichte bald zurückgeworfen, bald durchgelassen wurden. Newton stellte daher, als den allgemeinen Ausdruck des Phänomen's die Hypothese auf: das Licht besitze, oder erhalte, wenn es von einem brechenden Mittel in ein anderes übergeht, die Fähigkeit, von diesem zweiten Mittel abwechselnd bald leichter durchgelassen, bald leichter zurückgestrahlet zu werden; er nennt dieß kurz weg die Anwandlungen des leichtern Durchlassens oder Zurückstrahlens. Die Dauer dieser Anwandlungen oder vielmehr die Weite, welche ein Lichttheilchen bis zur nächsten entgegengesetzten Anwandlung beschreibt, heißt bey Newton ein halbes Intervall; man sieht, daß sie den Unterschieden der Dicken der Luftschichten an den Gränzen der Farbenringe entsprechen, sie bleiben also gleich, da sie vermöge der Erfahrung die Unterschiede einer arithmetischen Reihe bilden, aber die Größen der vom Lichte während einer bestimmten Anwandlung beschriebenen Wege sind für die verschiednen Farbenstrahlen verschieden; für die brechbarsten am kleinsten, für die rothen am größten. Die Dauer der gleichartigen An-

wandlungen der verschiednen Farbenstrahlen greifen daher bey mehreren Wiederholungen über und in einander ein, weshalb gemischtes Licht, wenn es von durchsichtigen Mitteln reflectiret wird, desto weniger in seine einfachen Farbenstrahlen zerlegt werden kann, je dicker die reflectirenden Schichten sind.

Dieß kann man sich nach Newton durch eine einfache Construction versinnlichen. Siehe Fig. 190.

Man trage auf eine gerade Linie von einem Punct C aus die Entfernungen CA, CV, CJ . . . bis CR, welche sich wie die Cubikwurzeln der Quadrate der Zahlen 1/2, 9/16, 3/5, 2/3 u. s. w. . . . 1 verhalten, ziehe darauf AA perpendicular auf CA, und mit ihr die Parallellen VV, JJ, . . . RR. Hierauf trage man längst AA eine beliebige Anzahl gleicher Theile, lege das Lineal an C und die einzelnen Theilungspuncte und ziehe die Linien 11′, 22′, 33′, u. s. w., so schneiden sie auf den Parallellen AA, VV, u. s. w. für die einfachen Farben die Dicken der Luftschichten, oder die Weiten ab, welche abwechselnd dem leichtern Durchgang, oder der leichtern Zurückstrahlung entsprechen, solcher Gestalt, daß zwischen den Linien 00′11′ Durchlassung, zwischen 11′33′ Zurückstrahlung, welche in der Linie 22′ ihren größten Werth erreicht, Statt findet und so fort durch die ganze Farbenscale. Denkt man sich nun eine Linie mit AR parallel durch die Scale nach UU, XX fortgerückt, so giebt dieselbe das gleichzeitig durchgelassene oder zurückgeworfene Licht der verschiednen Farbenstrahlen in den Schichten von bestimmter Dicke an. Z. B. So lange die Linie zwischen AR und 11′ liegt zeigt dieß an, daß alles Licht durchgelassen wird, und die Stelle der Schichte, welcher die Dicke von 0 bis 1 entspricht, erscheint schwarz, zwischen 1 und 2 fängt zuerst das violette und blaue Licht an zurückgestrahlet zu werden, bald darauf alle übrigen Farben, und das zurückgestrahlte Licht muß weiß erscheinen; dieß erreicht seinen größten Glanz, so lange die parallel mit AR fortrückende Linie 22′ durchschneidet. Wenn die Linie den Punct 3 erreicht hat verschwindet zuerst das violette, indigblaue, blaue, zuletzt bey 3′ auch das rothe Licht. Hieraus folgt, daß die Farben des ersten aus gemischtem Licht gebildeten Ringes seyn werden: schwarz, schwach blau, hell weiß, wenig gelb und roth, gerade so wie es die Erfahrung nachweiset. Auf ähnliche Art lassen sich die Farben

der übrigen Ringe aus der Construction herleiten. Wir übersehen auch allgemein, daß die parallel nach UU, XX fortrückende Linie die trapezförmigen Flächen, welche den Anwandlungen des leichtern Durchgangs oder Zurückgangs entsprechen, immer schiefer durchschneidet, folglich Licht bezeichnet, welches immer zusammengesetzter wird, je weiter sich die Linie von ihrer anfänglichen Lage AR bereits entfernt hat. Z. B. XX schneidet zugleich durch das zurückgestrahlte violette Licht des 7ten Ringes, durch das blaue und grüne des 6ten, und durch das orange und rothe des 5ten Ringes, somit kann das dieser Mischung entsprechende Licht nicht sehr von weiß unterschieden seyn. Hieraus erkläret es sich, warum man nicht leicht mehr als 6 — 7 Farbenringe beobachten kann.

Man wird nach dieser Darstellung der newtonschen Theorie von den Farben dünner Schichten von selbst erwarten, daß der Urheber derselben hiervon eine Anwendung auf die Erklärung der Farben natürlicher Körper gemacht haben werde. Newton setzt voraus, das zurückgestrahlte Licht gefärbter Körper durchdringe, bevor es zurückgestrahlet werde, die kleinsten an der Oberfläche liegenden Theilchen bis auf eine gewisse Tiefe, wodurch die hervorgehende Farbe nach der Dicke dieser Theilchen modificiret werde. Er berechnete selbst eine Tafel, welche die den natürlichen Farben entsprechende Dicke der Theilchen für Wasser, Luft und Glas angiebt. Wir verweisen unsre Leser, welche sich näher darüber unterrichten wollen, auf Newton's Optik, und Biot's Lehrbuch der Physik.

Daß die natürliche Farbe eines Körpers oft gar nicht von seiner chemischen Zusammensetzung, sondern nur von der Anordnung seiner kleinsten Theilchen an der Oberfläche abhänge, dafür spricht folgender interessante Versuch von Brewster: Man drücke eine Scheibe von Perlmutter auf schwarzes Siegelwachs, oder ein weiches Metallamalgam ab, und man wird diese Körper mit denselben Farben, wie die Perlmutterscheibe, spielen sehen.

Grundsatz von der Interferenz des Licht's und Anwendung desselben auf die Erklärung der newtonschen Farbenringe.

§. 260.

Es war der englische Physiker Young, welcher, ausgehend von dem Vibrationssystem, zuerst im Jahr 1802 uns mit der Lehre von der Interferenz des Lichts bekannt machte, welche Lehre in Frankreich vorzüglich durch Fresnel und Poisson, in Deutschland durch Frauenhofer erweitert wurde. Der Grundsatz von der Interferenz des Lichts lässet sich allgemein, ohne Rücksicht auf eine bestimmte Hypothese über das Licht, so ausdrücken. 1) Wenn zwei Antheile gleichartigen Lichts von einer Quelle ausgehend, nachdem sie verschiedne Wege durchlaufen haben, sich wieder nach einerlei Richtung unter einem spitzen Winkel schneiden, (interferiren) so unterstützen sich ihre Wirkungen, oder heben sich auf, in Beziehung auf die sinnliche Wahrnehmung im Auge, je nachdem die Wege, welche das Licht zurückgeleget hat, oder die Zeiten zu deren Vollbringung, um ein gerades oder ungerades Vielfache eines gewissen halben Intervalles verschieden sind, welche Intervalle für die verschiednen Farben von verschiedner Größe sind. 2) Bey Anwendung des 1ten Gesetzes müssen die Geschwindigkeiten des Lichts in verschiednen Mitteln den Brechungsverhältnissen der Mittel verkehret proportional gesetzt werden. 2) Bey der Zurückwerfung von der Oberfläche eines dünnern Mittels, oder von Metallen und unter andern Umständen geht ein halbes Intervall verloren. 4) Die Längen der Intervallen sind das Vierfache der Längen der verschiednen Anwandlungen, welche Newton den nämlichen Farben beylegt.

Der 1te Grundsatz von der Interferenz des Lichts erhält eine weitere physikalische Erklärung, wenn man von dem Undulationssystem ausgeht, und unter der Länge eines Intervalls die Länge einer Lichtschwingung, das ist die Zeit eines Hin- und Hergangs derselben versteht, dagegen unter einem Halbintervall die Länge eines Hin- oder Hergangs. Nach Verlauf eines jeden Halbintervalles befindet sich die Lichtwelle in zwei entgegengesetzten Zuständen der Verdichtung oder der Verdünnung. Treffen nun zwei Lichtwellen in Zeiten, die um 1, 3, 5 halbe Intervalle verschieden sind, zusammen, so befinden sie sich in entgegengesetzen Zuständen, deren Bewegungen sich wechselseitig vermindern oder ganz aufheben, je nachdem sie von ungleicher oder gleicher Stärke sind. Interferiren sich hingegen zwei Lichtwellen in Zeiten, welche um 2, 4, 6.. Halbintervalle verschieden sind, so befinden sie sich in ähnlichen Zuständen und müssen sich wechselseitig verstärken. Nun erkläret Young die durch Reflexion gebildeten Farbenringe aus der Interferenz des Licht's, welches von der ersten und zweiten Oberfläche des dünnen Mittels reflectiret werde. Hiernach müßte die mittlere Stelle, wo die Dicke der Schichte = 0 und der Weg des Lichts bis zum Auge gleich ist, auch eine gleichartige Interferenz hervorbringen, also hell und nicht dunkel erscheinen. Daher stellte Young für diesen Fall das weitere 3te Gesetz auf, durch die Reflexion im Innern der Schichte gehe ein halbes Intervall verloren, wodurch sich für die dunkeln Ringe die Reihefolge $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$ giebt wie es die newtonschen Versuche fordern. Die Ringe durch Transmission werden durch die Interferenz des gerade durchgelassenen, und des zum ersten Mahl an der hintern zum zweiten Mahl an der vordern Fläche der dünnen Schichte reflectirten, und darauf durch-

gehenden Licht's erkläret. In diesem Fall giebt die mittlere Stelle, wo die Dicke = 0 ist, einen weißen Fleck übereinstimmend mit der Erfahrung.

§. 261.

Für das Daseyn einer Interferenz des Licht's spricht vorzüglich folgender von Fresnel angestellter Versuch. Man leite einen Lichtkegel in ein finsteres Zimmer, concentrire ihn in dem Brennpunct einer Linse l, und lasse ihn von da divergirend auf zwei ebene metallene Spiegel A, B Fig. 191 fallen, die unter einem kleinen Winkel gegen einander geneigt sind, so wird das Auge o zwei Bilder des leuchtenden Puncts l in den beiden Spiegeln erblicken, ausserdem aber, welches hier eigentlich in Betracht kommt, senkrecht auf der geraden Linie, welche die beiden Bilder verbindet, eine Reihe heller und dunkler Striche, die sich in abwechselnder Folge so befinden, daß mitten ein heller Strich ist. Die Bilder der dunkeln und hellen Striche werden begränzter, wenn auf die Spiegel einfarbiges Licht fället, und man vor das Auge in o eine vergrößernde Lupe bringt. Berechnet man genau die Wege, welche das Licht von l zu beiden Spiegeln und von da zum Auge nehmen muß, für jeden Streifen, so findet man diese Wege für den mittelst hellen Streifen gleich oder ihren Unterschied = 0 für die übrigen hellen Streifen aber diese Unterschiede nach der Reihe l, 2l, 3l, 4l wachsend, und für die dunkeln dazwischen fallenden Streifen, die Unterschiede $\frac{1}{2}l$, $\frac{3}{2}l$, $\frac{5}{2}l$ . . . die absolute Größe von l aber = der vierfachen Länge einer newtonschen Anwandlung für die gleiche Farbe des auf die Spiegel fallenden Lichts.

Eine von Arago angegebene Abänderung dieses Versuchs ist: Man bringe zwischen einen Theil des sich von

beiden Spiegeln interferirenden Lichts eine dünne Glasplatte, so werden durch die verminderte Geschwindigkeit des durch sie gehenden Licht's die nun sich interferirenden Strahlen an andern Stellen fallen, und die Verrückung wird genau dem Brechungsverhältniß und der Dicke der Glasplatte entsprechen.

Wenn gleich nicht zu leugnen ist, daß die Lehre von der Interferenz des Licht's durch die Vibrationstheorie eine bestimmtere Erklärung erhält, als nach dem Emanation'ssystem, so gibt doch dieß, wie Biot richtig bemerkt, noch keinen Grund ab, dieses System verwerflich zu finden, da es so viele andere Erscheinungen des Lichts leichter und einfacher erkläret. Worin der physische Grund der entgegengesetzten Eigenschaften des Licht's, die Newton durch Anwandlungen bezeichnete, bestehet, wissen wir zwar jetzt nicht; es kann aber eine Zeit kommen, wo man diesen Grund findet, und vielleicht in Uebereinstimmung mit den verschiednen chemischen Qualitäten des Lichts, worüber die Vibrationstheorie uns ohne allen Aufschluß lässet.

Von der Beugung des Lichts.

§. 262.

Unter der Beugung des Lichts versteht man die Ablenkung von der geraden Richtung und die Veränderung seines Zustandes, welche das Licht erleidet, wenn es dicht bey einem undurchsichtigen Körper vorüber geht. Mehrere dieser Erscheinungen waren schon früher bekannt und sind zuerst von Grinaldi, dann vollständiger von Newton untersucht und beschrieben worden. In neuern Zeiten haben sich mit dieser Lehre vorzüglich Thomas Young, Fresnel, Arrago, Mayer, Frauenhofer theoretisch und praktisch beschäftiget.

Man nimmt die Phänomenen der Beugung des Licht's am besten wahr, wenn man nach Fresnel das Licht durch

eine kreisrunde Oeffnung in ein finsteres Zimmer treten lässet, den divergirenden Lichtkegel durch eine convexe Linse in einen leuchtenden Punct concentriret, dann in den von diesem glänzenden Punct aus aufs neue divergirenden Lichtkegel den die Beugung hervorbringenden dunkeln Körper hält.

a) Man fange den Lichtkegel mit einer dunkeln Scheibe auf, in welcher sich eine feine kreisrunde Oeffnung befinde (höchstens ¼ Linien im Durchmesser) und lasse den durch die Oeffnung gehenden Theil des Lichts in einer Entfernung von 6 oder mehreren Fußen auf einem weißen Schirm fallen. Man wird das helle Bild der Oeffnung auf dem Schirm größer finden, als es nach der geradlinigen Verbreitung des Lichts seyn würde, und rund um den hellen Kreiß farbige Ringe von immer größern Durchmessern aber geringern Breiten, das Blaue nach innen, das Rothe nach aussen gekehret, wie bey den newtonschen durch Reflexion erzeugten Farbenringen.

b) Fängt man den Lichtkegel durch eine dunkle Scheibe auf, die in ihrer Mitte einen langen schmalen Schnitt mit glatten Rändern (es ist am beßten wenn die Ränder des Schnittes durch eine Schraube einander genähert werden können) hat, so erblickt man auf dem weißen Schirm das erweiterte Bild des Schnitts, und parallel neben demselben zu beiden Seiten eine gleiche Anzahl farbiger Bilder in gleichen Abständen abermals nach der Ordnung der newtonschen Farbenringe. Nähert man die Ränder der Oeffnung, so treten die Farbenbilder weiter aus einander und werden glänzender.

Man fange einen Theil des Lichtkegels durch ein schmales dunkles Rechteck so auf, daß zu beiden Seiten desselben Licht vorbey fahren könne. Nun wird man auf

dem weissen Schirm den Schatten des Rechtecks breiter als nach dem geradlinigen Fortgang des Lichts zu erwarten ist, und zu beiden Seiten wie in dem innern desselben unter einander parallelle farbige Säume erblicken.

Steht einem kein finsteres Zimmer nebst der Vorrichtung, einen Lichtkegel in horizontaler Richtung hereinzuleiten zu Gebot, so kann man sich mit vieler Bequemlichkeit zur Anstellung der vorerwähnten Versuche des Mayerschen Inflexioscopes bedienen. Eine wenigstens 2 — 3 Fuß lange inwendig geschwärzte Röhre auf einem Stativ so ruhend, daß man sie nach jedem leuchtenden Gegenstand richten kann. Vornen und hinten wird die Röhre mit Deckeln geschlossen, in welchen sich theils kreißrunde Oeffnungen, theils schmale lange Schnitte befinden. Durch die vordere Oeffnung lässet man das Licht eintretten, durch die hintere beobachtet man die durch die Beugung des Lichts erzeugten Bilder, wobey man sich auch eines Vergrößerungsglases bedienen kann. Lässet man durch die vordere Oeffnung mit Hülfe eines Prismas nur einfaches Licht eintretten, so werden die Farbensäume auch nur die Farbe dieses Lichts zeigen und durch schaif begränzte dunkle Zwischenräume verschieden seyn.

Man hat bis jetzt die vorbeschriebenen Erscheinungen der Beugungen am vollständigsten aus der Vibrotionshypothese mit Hülfe des Grundsatzes der Interferenz erkläret. Wie man dabey im Allgemeinen sich die Sache vorstellet, erläutert das Folgende.

a b Fig. 192 a bezeichne den Durchmesser einer kleinen Oeffnung kreißförmig, oder schmahl und lang, C die Spitze eines durchgelassenen Strahlenkegels. Man denkt sich, daß durch den Widerstand des festen Körpers in der Oeffnung eine Menge partieller sich nach allen Richtungen zerstreuender Lichtwellen entstehn, deren Mittelpunct in der Linie a b liegen, und welche sich zwischen a c und c b in gleichartigen Zuständen befinden. Interferiren sich zwei solcher Lichtstrahlen in P nach 1, 3, 5 Halbintervalle, so wird P ein dunkler Punct seyn, interferiren sie sich nach einer geraden Anzahl von Halbintervallen, so entspricht P einem hellen Puncte.

Die farbigen Säume ausserhalb des Schattens eines dunkeln Körpers erkläret man aus der Interferenz des gerade ausgehenden Licht's C b p Fig. 192 b mit dem von dem Rande

A des festen Körpers zurückgestrahlten Lichte a P, wo es dann wieder auf den Unterschied p b, P a ankommt, ob P ein leuchtender oder dunkler Punct seyn soll.

Die farbigen Säume innerhalb des Schattens erkläret man aus den Interferenz der von den entgegengesetzten Rändern des festen Körpers A B Fig. 192 b, nach dem Punct p gestrahlten Licht's.

Die Schwierigkeit eben, diese Erscheinungen aus der Emanationshypothese herzuleiten, lieget darin, weil die hier wirksamen anziehenden und abstossenden Kräfte, weder auf das Gesetz der chemischen Verwandtschaften, noch auf das der allgemeinen Schwere zurückgeführet werden können, indem es hierbey gar nicht auf die Materie und Dichte des das Licht beugenden Körpers ankommt.

Youngs Versuche über die Interferenz des Lichts enthalten Gilbert's Annalen 1811. 39. B. Fresnel's analytische Untersuchungen darüber die Annales de Chymie et de Physique 1816. 17. 23.

§. 263.

Frauenhofer hat die Lehre von der Beugung des Lichts durch sehr interessante Versuche erweitert *).

*) (Denkschriften der K. Baiersch. Acad. 1821 — 22.)

Er betrachtete die in einem finstern Zimmer durch eine schmahle Oeffnung einfallenden Lichtstrahlen, nachdem sie durch eine zweite Oeffnung in einem Schirm gebeugt waren, mit Hülfe eines an einem Theodolithen angebrachten Fernrohres, wodurch er die durch Beugung entstandnen Bilder deutlich und vergrößert sah und in ihren Abständen von einander genau messen konnte. Die Ordnung und Farben der Bilder, welche von einer einfachen Spalte hervorgebracht wurden, waren so wie wir sie bereits beschrieben haben.

Die Messung ergab:

1) Bey einzelnen Oeffnungen von verschiedner Breite

verhalten sich die Ablenkungswinkel des Lichts umgekehrt wie die Breiten der Oeffnungen.

2) In dem durch eine schmahle Oeffnung gebeugten Licht folgen die Abstände der rothen Strahlen der verschiedenen Farbenbilder von der Mitte zu beiden Seiten einer arithmetischen Reihe, deren Unterschied dem ersten Gliede gleich ist.

Frauenhofer nennt die durch Beugung in einer einfachen Oeffnung entstandnen Bilder spectra der ersten Klasse oder äussere. Hingegen spectra der zweiten Classe oder mittlere, vollkommner Art diejenigen, welche durch Beugung in einer Reihe parallel neben einander liegenden Oeffnungen von gleicher Weite hervorgebracht werden. Unvollkommne Spectra der zweiten Classe sind die durch wenige parallelle neben einander liegende Oeffnungen erzeugte. Eine Reihe gleich weiter Oeffnungen verschaffte sich Frauenhofer durch Zeichnung eines Netzes von parallellen Strichen auf Plangläser, die er auf einer Seite mit Goldschaum belegt hatte, oder durch Spannung von Fäden in die feinen Gewinde zweier parallel gestellten Schrauben. Die feinsten Netze waren auf die Oberfläche des Glases selbst mit einem Demant gezeichnet, enthielten 3601 Linien, deren Entfernung von einander nur 0,0001223 Zoll betrug. Wird ein solches Netz vor das Fernrohr eines Theodolithen gestellet, und Licht, welches durch eine enge Oeffnung fället, darauf geleitet, so erblickt man durch das Fernrohr die das Licht durchlassende Oeffnung deutlich, und zu beiden Seiten derselben symmetrisch eine Menge mit den prismatischen Farben strahlende Bilder, die immer breiter, aber matter werden, je weiter sie sich von der Mitte entfernen. Die nächsten Bilder sind durch dunkle Zwischenräume getrennt, die entferntern fliessen in

einander. Man bemerkt auch bey gehöriger Stellung des Oculars in diesen Farbenbildern die dunkeln Linien, welche Frauenhofer in dem prismatischen Farbenbilde durch das Fernrohr des Theodolithen entdeckten.

Die genauerere Messung darüber ergab folgendes:

1) Bey gleich getheilten Gittern von verschiedner Weite verhalten sich die Sinusse der Ablenkungswinkel einzelner Farbenbilder umgekehret wie die Weiten der Theilstriche.

2) Die Sinusse der Ablenkungen gleichartiger Farbenstrahlen in den verschiednen Bildern geben eine arithmetische Reihe, deren Differenz dem ersten Gliede gleich ist.

3) Fällt das Licht durch zwei gleiche Gitter zugleich auf das Objectiv des Fernrohres, so erfolgen die Erscheinungen wie bey einem, sind die Gitter ungleich, so ist es so als wenn das Feinere allein da wäre.

4) Steht das Gitter in einer andern brechenden Flüssigkeit, als Luft, so verhalten sich die Sinusse der Ablenkungswinkel umgekehret wie die Exponenten der Brechungsverhältnisse.

5) Fällt das Licht nicht senkrecht, sondern schief auf das Gitter, so sind die Farbenbilder nicht mehr symmetrisch diesseits und jenseits der Axe geordnet, sondern die Bilder, welche auf der Seite des stumpfen Winkels hinter dem Gitter liegen, stehen der Axe näher. Diese heißt Frauenhofer unsymmetrische Bilder der zweiten Classe.

6) Ueberzieht man die Hinterseite eines auf Glas gezeichneten Gitters mit einem schwarzen Harzfirnis, der gleiche Brechbarkeit mit dem Glase besitzt, so daß kein Licht von der Hinterseite durchgelassen noch zurückgestrahlet werden kann, und man lässet alsdann Licht von vornen her schief auf das Gitter fallen, so sieht man durch das vom

Gitter reflectirte Licht, dieselben unsymmetrischen Farbenbilder der zweiten Art, welche man durch das nämliche Gitter mittelst durchgegangnen Licht's gesehen haben würde.

Sehr vielfältig modificirte Erscheinungen kommen hervor, wenn Licht durch Gitter von sehr ungleichen Intervallen geht, oder wenn es von verschieden gestalteten Oeffnungen her zugleich auf dasselbe Gitter fällt. Wer mit dem Frauenhoferschen Apparat nicht vollständig versehen ist, kann sich auch des Mayerschen Inflexioscopes zur Hervorbringung der Farbenbilder zweiter Art bedienen. Man setzet inwendig vor die Ocularöffnung ein feines Gitter, dessen Streiche parallel mit den Rändern der Oeffnung gehen, und lässet auf dasselbe durch die vordern Spalten Licht fallen.

Aus den Gesetzen der Beugung des Lichts erklären sich mehrere Erscheinungen, die man an natürlichen Körpern wahrnimmt. Z. B. das irisirende Farbenspiel, welches Metalle und andere glänzende Körper zeigen, welche mit feinen Strichen auf der Oberfläche bedeckt sind. Die Farben, welche man erblickt, wenn man durch die feinen Haaren einer Federspule nach einem Licht hinsieht. Auch lässet sich das schöne Farbenspiel des Gefieders mancher Vögel auf die durch Reflexion erzeugte Beugung und die dadurch bewirkte Interferenz des Licht's zurückführen.

Von der Polarisation des Lichts.

§. 264.

Der französische Naturforscher Malus entdeckte im Jahr 1811 die besondere Eigenschaft des Lichts, wenn es einmahl von einem durchsichtigen Mittel unter einem bestimmten Winkel zurückgeworfen oder gebrochen worden ist, von demselben Mittel immer wieder zurückgeworfen oder durchgelassen zu werden, je nach dem es diesem Mittel die nämliche oder eine andere Seite darbietet. Wegen der Beziehung dieser Eigenschaft auf die Seiten des Lichtstrah-

des, oder seiner einzelnen Theile, gab Malus ihr den Namen der Polarisation.

Es bezeichne A Fig. 193 ein unbelegtes oder hinten blos geschwärztes Spiegelglas, auf dasselbe falle ein Lichtstrahl si, unter einem Winkel sia mit der Fläche des Spiegels von 35° 25′, er wird theilweise nach ii′ zurückgeworfen, und treffe bey i′ auf ein zweites ähnliches Spiegelglas B; steht dieses mit A parallel, so daß die Einfallsebene des Strahles mit dem Spiegel B, mit der Einfallsebene des Spiegels A parallel oder zusammenfallend ist, so wird der Strahl von dem zweiten Spiegel abermals nach i′s′ unter dem gleichen Winkel a′i′s′ = 35° 25′ zurückgeworfen werden. Dreht man nun den zweiten Spiegel B um die Linie i′i′ wie um eine Axe, so daß der Einfallswinkel des Strahles mit diesem Spiegel sich zwar gleich bleibt, die Einfallsebene aber mit der ursprünglichen sia anfängt einen spitzen Winkel zu machen, so nimmt das von dem zweiten Spiegel zurückgeworfene Licht an Stärke ab, wie der Winkel der beiden Einfallsebenen wächset, und verschwindet ganz oder größtentheils, wenn derselbe bey der Lage des Spiegels B′ ein rechter geworden ist. Dreht man den Spiegel B fortdauernd um ii′ wie um eine Axe, so kehret dieselbe Erscheinung in jedem Quadranten wieder. Jedesmahl wird der vom zweiten Spiegel reflectirte Strahl vollständig seyn, wenn die Einfallsebenen beider Spiegel entweder einen Winkel von 0° oder 180° mit einander machen, und Null oder beynahe = 0, wenn sie sich unter rechten Winkeln kreuzen. Ist der erste Einfallswinkel sia nicht 35° 25′, so ist die Polarisation nicht vollständig. Der Winkel der vollständigen Polarisation (Polarisationswinkel) ist mit dem Verhältniß der Brechung der beiden an einander gränzenden Mittel ver-

änderlich, und wird kleiner wie dieses Verhältniß größ wird. Brewster fand, daß der Polarisationswinkel so b schaffen seyn müsse, damit der polarisiret zurückgeworfen Strahl mit dem gebrochnen durchgehenden einen rechte Winkel mache. Diese Eigenschaft lässet sich näherungsweis wenn man Sinusse mit Winkeln verwechselt durch de Ausdruck $p = \frac{90^\circ}{n+1}$ darstellen, wenn man unter n : 1 das Brechungsverhältniß und unter p den Polarisations winkel versteht.

Setzt man n = $^3/_2$ so ist p = 36° für Glas
= $^4/_3$ p = 38 für Wasser
= 1 p = 45°.

Der Polarisationswinkel fällt in stärker brechenden Mitteln stets kleiner als 45° aus. Lässet man Glas von Terpentinöhl begränzen, welche sehr nahe ein gleiches Brechungsverhältniß haben, so ist der Polarisationswinkel wenig von 45° verschieden. Metalle, welche auf ihrer Vorderfläche das Licht spiegelnd reflectiren, polarisiren es nicht. Man kann daraus die Folge ziehen, daß die Kräfte, welche das Licht polarisiren, erst beym Eindringen desselben in die brechenden Mittel wirken. Denkt man sich die Lichtstrahlen als Cylinder von einem gewissen Durchmesser, so muß man bey polarisirtem Lichte, den um 180° aus einander liegenden Seiten einerlei, den um 90° entfernt liegenden aber entgegengesetzte Eigenschaften in Beziehung auf die Zurückstrahlung und Brechung zuschreiben.

Um die Eigenschaften des polarisirten Lichts mit Bequemlichkeit darstellen zu können, hat man besondere Polarisationsmaschinen erdacht. Die von Biot beschriebene scheint eine der vorzüglichsten zu seyn.

A A′ Fig. 194 ist ein inwendig geschwärztes Rohr von einigen Zollen im Durchmesser und 10 bis 12 Zoll lang. An

beiden Enden träget es zwei Ringe C C durch Reibung, welche sich rund um das Rohr drehen lassen, und deren Stellungen gegen einander auf zwei an der äussern Seite des Rohres, mit einander übereinstimmenden Kreißtheilungen gemessen werden können. Jeder Ring träget parallel mit der Axe A A′ zwei messingne Stäbe B, B, durch welche zwei Ringe oder Rahmen B B, B′B′ festgehalten werden, die sich um zwei auf A A′ senkrechte Axen drehen lassen. Auch diese Drehung kann durch zwey bey B und B′ angebrachte Theilungen gemessen werden. Legt man in die Rahmen B B zwei geschwärzte oder unbelegte Glasplatten, oder jeden andern Körper, so sieht man leicht, daß man jede Platte unter einem beliebigen Winkel gegen die Axe A A neigen und zugleich ihre Ebenen unter jedem Winkel gegen einander stellen kann. Es ist gut, wenn innerhalb der Röhre A A′ eine Blendung angebracht wird, theils um das zerstreuete Licht aufzufangen, theils um doppelt brechende krystallisirte Körper darauf anbringen zu können. Auch diese Blendung muß sich um die Axe A A′ drehen lassen.

§. 265.

Strahlen, welche in Einfallsebenen polarisiret worden sind, die einen rechten Winkel mit einander machen, haben entgegengesetzte Eigenschaften d. i. unter den Umständen, wo der eine zurückgeworfen wird, wird der andere durchgelassen, man nennet sie daher kurzhin entgegengesetzt polarisirte Strahlen.

Wenn das erste Spiegelglas A Fig. 193 ungeschwärzt ist, so geht ausser dem polarisirt zurückgestrahlten Lichte auch welches hindurch, und dieß hat, vorausgesetzt, daß die Dicke des Glases nicht allzu gering sey, die Eigenschaften des entgegengesetzt polarisirten Lichts. Es bezeichne i i′ einen solchen vom ersten Glas durchgelassenen Strahl, so wird derselbe von dem zweiten Spiegel in der Lage B′ zurückgeworfen werden, dagegen in der Lage B durchgelassen oder verschluckt werden.

Strahlen, welche auf entgegengesetzte Art polarisirt sind, heben sich durch Interferenz, nach Fresnel und Arago's Beobachtung nicht auf, wohl aber gleichartig polarisirte Strahlen.

§. 266.

Auch durch die Brechung kann das Licht polarisirt werden, und zwar durch die doppelte Brechung auf entgegengesetzte Weise. Man lasse einen Lichtstrahl durch ein Rhomboeder von Kalkspath parallel mit dem Hauptschnitt gehen, wodurch er wie wir wissen in zwei Bündel gespalten wird. Hiervon ist der der gewöhnlichen Brechung folgende so polarisiret, als ob er unter dem Polarisationswinkel von einem Spiegel reflectiret worden wäre, dessen Reflexionsebene mit dem Hauptschnitt parallel läge, dagegen der ungewöhnlich gebrochne Strahl sich so verhält, als wenn er in einer auf dem Hauptschnitt senkrechten Ebene wäre polarisiret worden. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man die durch den Krystall gespaltnen Strahlen (man bedienet sich am besten hierzu eines Prismas mit kleinen brechenden Winkeln, dessen Vorderfläche eine der natürlichen Flächen eines Kalkspathrhomboeders ist) einzeln auf ein Spiegelglas unter dem Polarisationswinkel fallen lässet; der gewöhnlich gebrochne Strahl wird theilweise zurückgeworfen werden, wenn die Einfallsebene parallel mit dem Hauptschnitt ist, der ungewöhnlich gebrochne, wenn sie darauf senkrecht steht.

Nicht blos doppelt brechende, sondern auch einfach brechende Körper polarisiren das unter einem schiefen Winkel einfallende Licht. Die Kraft ist nach der Substanz der Körper verschieden. Zehen parallel hinter einander stehende Glasplatten reichen hin, das Licht der untergehenden Sonne vollständig zu polarisiren. Eben das thun zwei Blätter Blattgold. Bey dem Glas hat das durchgehende polarisirte Licht die größte Intensität und ist zu-

gleich vollständig unter einem rechten Winkel auf die Einfallsebenen polarisiret, wenn der Einfallswinkel dem Polarisationswinkel des reflectirten Lichts gleich ist.

Auch mehrere Körper von natürlich blätterigem Gefüge, wie z. B. der Achat, besitzen, wie Brewster zuerst bemerkte, die Eigenschaft, das nach der Richtung ihrer Blätter durchgehende Licht ganz oder theilweise zu polarisiren. Wenn daher Licht auf solche Körper fället, welches senkrecht auf die Richtung ihrer Blätter polarisiret ist, so kann es sie nicht nach der Richtung der Blätter durchdringen, wohl aber wenn die Polarisation der Richtung der Blätter gemäß war.

§. 267.

Wenn man zwei hinlänglich dicke und reine Doppelspathe mit ihren Hauptschnitten parallel über einander legt, so brechen sie das Licht doppelt gleich einem einzigen Krystall, nur stärker. Lässet man den untern ruhig liegen, dreht aber den obern um seine Axe, so erscheinen sogleich statt zwei, vier Bilder, die am deutlichsten werden, wenn der Drehungswinkel 45° beträgt, die Deutlichkeit nimmt wieder ab, wenn der Drehungswinkel über 45° beträgt, und bey 90° Drehung, wo die Hauptschnitte der beiden Krystalle auf einander senkrecht stehen, erblickt man wieder nur zwei Bilder. Eine nähere Untersuchung ergiebt, daß im letzten Falle der im ersten Krystalle auf die gewöhnliche Art gebrochne Strahl in dem zweiten die ungewöhnliche Brechung erleidet und umgekehret. Dagegen wenn die Hauptschnitte parallel sind, erleidet jeder Strahl in beiden Krystallen dieselbe Brechung. In jeder andern Lage der beiden Krystalle gegen einander wird jeder Strahl in zwei Büschel getheilet, wodurch vier Bilder entstehen, die dann am lebhaftesten sind, wenn jedes gleich hell ist, welches eintritt, wenn die Hauptschnitte der beiden Krystalle unter einem Winkel von 45° gegen einander geneigt sind.

Auch in Krystallen mit zwei Brechungsaxen erscheinen die beiden Büschel, in welche der Strahl getheilet wird, unter rechten Winkeln polarisiret, und zwar ist es der ordentlich gebrochne in einer Ebene, welche den Winkel der beiden Hauptschnitte halbiret, der ungewöhnlich gebrochne hingegen in einer auf dieser senkrechten Ebene.

Was von Krystallen mit doppelter Brechung gesagt worden ist, das gilt auch vom Glase, wenn es durch Druck oder ungleiche Erwärmung die Eigenschaft der doppelt brechenden Krystalle erhalten hat.

§. 268.

Diejenigen gefärbten Krystalle, welche nach verschiednen Richtungen zwei Farben (den Dychroismus) zeigen, sind doppelt brechende, und das Licht unter rechten Winkeln polarisirende Körper. Schneidet man z. B. vom bläulich grünen Beryll ein Prisma, damit die durch doppelte Brechung getheilten Lichtstrahlen gehörig auseinander treten, so zeigt sich ein Bild im unpolarisirten Licht blau, das andere grün. Leitet man weißes polarisirtes Licht durch das Prisma, so gehen blos blaue Strahlen durch, wenn die Axe des Krystalles auf der Polarisationsebene senkrecht steht, und grünlich weiße, wenn die Axe mit dieser Ebene parallel ist.

Leget man zwei Turmalinplatten, die parallel mit der Axe des Krystalles geschnitten sind, ins Kreuz auf einander und einen Körper, von welchem man untersuchen will, ob er doppelte Strahlenbrechung besitze oder nicht, dazwischen, so werden im ersten Fall die drei Körper durchscheinend seyn, im andern nicht. Dieß Verfahren gab Soret an.

Eben so hat Biot aus dem verschiednen optischen Ver-

halten mancher Glimmerarten geschlossen, daß es Glimmer mit doppelter Axe der Brechung, und mit einfacher, mit anziehender und abstoßender Kraft gebe, und die chemische Analyse hat darauf auch Verschiedenheiten in der materiellen Zusammensetzung dieser Körper nachgewiesen. So sehen wir also, wie das verschiedne Verhalten der Körper gegen das Licht theils durch ihre krystallinische Structur, theils durch ihre chemische Zusammensetzung bedingt ist.

Von der sogenannten beweglichen Polarisation des Lichts.

§. 269.

Die hierher gehörigen Erscheinungen sind von Arago zuerst entdeckt, von Biot und Fresnel weiter verfolgt worden. Ich bediene mich hierbey der Biotschen Darstellung. Man gebe den beiden Spiegeln einer Polarisationsmaschine die Stellung, daß die Reflexionsebene des einen senkrecht auf der des andern steht. Dann wird der zweite Spiegel das von dem ersten polarisirte Licht nicht zurückstrahlen. Bringt man darauf ein dünnes Blättchen krystallisirten Gyps (Frauenei), dessen Dicke zwischen 0,01 und 0,45 Millimeter fällt, auf das Diaphragma zwischen die beiden Spiegel, so wird man bey gehöriger Drehung des Blättchens dasselbe in dem zweiten Spiegel sehr schön gefärbt erblicken. Um die beste Lage des Gypsblättchens sogleich bestimmen zu können, bemerkt man, daß der Gyps zu den doppelaxigen Krystallen gehöret, und daß die Zwischenlinie beider Axen, welche die Stelle einer Axe vertritt, wenigstens sehr nahe mit der längsten Diagonale der natürlichen Blätter zusammen fället. Dreht man nun das Gypsblättchen

so, daß die lange Diagonale einen Winkel = 45° oder 135°, 225° mit der Polarisationsebene macht, so wird die Färbung am lebhaftesten erscheinen; ist hingegen jener Winkel 0, 90°, 180°, 270°, so ist die Färbung am schwächsten. Ist das Gypsblättchen von recht gleichförmiger Dicke, so zeigt es nur eine Farbe, und diese wechselt mit seiner Dicke. Biot überzeugte sich, daß diese Dicken genau in dem Verhältnisse der newtonschen Farbenringe stehen. Er fand, daß in recht rein krystallisirten Gypsblättchen die Dicke von 82,44 Milliontheilen des Meters dem Blau der ersten Ordnung, welches in der newtonschen Scale 9 derselben Theile hat, entspricht. Der Bruch $9/_{82,44}$ nahe = $^1/_9$ wird also das Reductionsverhältniß abgeben, um aus der newtonschen Farbenscale die Dicke der gleichfarbigen Gypsblättchen im polarisirten Lichte herzuleiten. Für das erste Violet fället aber diese Dicke so gering aus (0,011777 Millim.), daß sie wegen der Zerbrechlichkeit der Blättchen nicht mehr darstellbar ist. Uebertrifft die Dicke des Blättchens 0,45493 Millim., so ist das durchgelassene der Polarisation entzogne Licht ein Weiß aus der Mischung der verschiednen Farbenringe.

§. 269.

Biot hat die Erscheinungen der festen und beweglichen Polarisation zusammenfassend eine Hypothese zur Erklärung derselben ersonnen, welche im Allgemeinen darauf hinausgeht. Die doppelt brechenden Körper geben durch die anziehenden und abstoßenden Kräfte ihrer Molecule den Axen der Lichttheilchen bestimmte Richtungen, welche sich bey dem gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahl unter rechten Winkeln schneiden. Haben sie diese Richtung einmahl erhalten, so ändern sie solche nicht mehr, so lange nicht eine

entgegengesetzte Polarisation sie ihnen raubt. In diesen Zustand der beständigen oder festen Polarisation kommen aber die Lichtstrahlen bey ihrem Eindringen in die doppelt brechenden Krystalle nicht sogleich, sondern nach und nach in desto grösseren Tiefen, je geringer die sie sollicitirenden Kräfte sind. Während der Zeit machen die Axen der Lichttheilchen Oscillationen um diejenige Ebene, in welche sie zuletzt gekommen seyn würden. Die Dauer einer jeden Oscillation entspricht einer gewissen Dicke = 2e, entsprechend den Zuständen des leichtern Durchgangs oder Zurückstrahlung. Der absolute Werth von e ist bey den verschiednen Farbenstrahlen verschieden. Wenn ein Lichttheilchen während seines oscillirenden Zustands aus dem doppelt brechenden Mittel in Luft oder einen andern nicht doppelt brechenden Körper tritt, so behält seine Axe diejenige Richtung bey, welche es am Ende der Oscillation, bey welcher es ausgetretten ist, erlangt haben würde.

Es erhellet, daß diese hypothetischen Sätze ziemlich willkührlich gewählet und nur den Erscheinungen angepasset sind. Fresnel läugnet die sogenannte bewegliche Polarisation und erkläret die Farbenerscheinung der dünnen doppelt brechenden Blättchen aus der Interferenz der zwei durch die doppelte Brechung hervorgebrachten Lichtbündel. Wir können uns aber auf diese Hypothese, die ebenfalls manches Willkührliche enthält, hier nicht umständlich einlassen, sondern verweisen unsre Leser in Hinsicht beider auf Biots Naturlehre, und die dort angezeigten Quellen.

Anmerkung.

Vielleicht möchte es überhaupt noch zu frühe seyn, eine vollständige Theorie der Polarisation des Lichts aufzustellen, da gewiß noch nicht alle hierher gehörige Erscheinungen vollständig untersucht sind. Als ein Beytrag zu letzteren, stehe hier folgendes.

Ich besitze mehrere Kalkspathrhomboeder, nicht ganz durchsichtig, auf der Oberfläche durch reflectirtes Licht irisirend; diese

zeigen folgende merkwürdige Eigenschaft einer mehrfachen Brechung und Polarisation des Licht's. Wenn man einen dieser Krystalle auf ein Kartenblatt befestiget, in welches man vorher ein Loch mit einer Stecknadel gestochen hat, darauf das Kartenblatt mit seiner Oeffnung in die Axe einer inwendig geschwärzten Perspectivröhre ohne Gläser hält, und durch den Krystall und die Röhre nach einer angezündeten Kerze, oder einer weißen Stelle des Himmels sieht: so gewahret man folgende Erscheinungen:

a) Gegenstand eine Kerze.

1) Der einfallende Strahl in dem Hauptschnitt, senkrecht auf die Axe. Man erblickt ein Bild in der Mitte, und um dasselbe sechs andere in ein regelmäßiges Hexagon gestellet, wie Fig. 195 a zeigt. Das mittlere Bild erscheint weiß, und ist am glänzendsten, wir wollen es das Hauptbild nennen, die übrigen erscheinen gefärbt gelbroth; grünorange; gelbweiß; wie es die Figur angiebt, dabey wird vorausgesetzt, die Axen und der Hauptschnitt A A′ liegen in einer verticalen Ebene. Dreht man den Krystall um die Mittellinie des Fernrohrs wie um eine Axe, so drehen sich die Nebenbilder um das Hauptbild, welches ruhig in der Mitte zu stehen scheinet. Ist die Drehung so weit gegangen, daß der Hauptschnitt und die Axe horizontal liegen, so hat das Hexagon und die Farbenbilder die Stellung Fig. 195 b.

2) Neiget man die Einfallslinie immer mehr gegen die Axe, so ziehen sich die grünen und gelbweißen Nebenbilder parallel nach der Linie, welche die gelbrothen Nebenbilder mit dem Hauptbild verbindet, hin, werden blässer und verschwinden zuerst; bey weiterer Neigung verschwinden auch die gelbrothen Bilder, und zuletzt, wenn der Einfallende Strahl parallel mit der Axe wird, verschwinden alle Nebenbilder bis auf das Hauptbild, welches jetzt sehr blaß erscheint.

b) Gegenstand das weiße runde Feld des erleuchteten Himmels.

Stellung wie a. 1) Man sieht 7 erleuchtete Kreise, wovon der mittlere oder das Hauptbild weiß ist. Die Farben der Nebenbilder sind in der Ordnung wie beym Kerzenlicht gezählet, blaßroth gelb, roth orange, grünlich gelb, sämmtliche Farben sehr ins Weiße spielend, und sehr wechselnd mit dem Einfallswinkel.

c) Ein anderer Krystall von äusserlich ähnlicher Beschaffenheit giebt unter gleichen Umständen durch ein geschwärztes Rohr

nur zwei in einer geraden Linie mit dem Hauptbild stehende Nebenbilder, welche in Hinsicht ihrer Stellung den gelbrothen Bildern Fig. 195 entsprechen. Die Farben der Nebenbilder sind aber jetzt nicht mehr gelbroth, sondern zeigen die Ergänzungsfarben z. B. Grün und Purpur, welche mit dem Einfallswinkel wechseln.

Dieser Fall kommt am häufigsten vor, und lässet sich aus den bekannten Gesetzen der doppelten Strahlenbrechung erklären, wenn man annimmt, das Auge fasse zugleich von dem mittlern Strahl den gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochnen, und von einem etwas schiefer auffallenden Strahl den ungewöhnlichen allein, so daß das Hauptbild dem gewöhnlichen Strahl, die beiden Nebenbilder aber ungewöhnlich gebrochnen Strahlen angehören.

§. 270.

Zu den der beweglichen Polarisation angehörigen Erscheinungen sind auch die von Seebeck entdeckten Farben zu zählen, welche dicke Glasmassen zeigen, die schnell, und eben daher ungleichförmig, abgekühlet worden sind. Man setze z. B. einen gläsernen Würfel der Art vor ein hinten geschwärztes horizontal liegendes Spiegelglas, so daß die Vorderfläche des Würfels eine der Kanten des Spiegels berühre, auf welchen, wie wir annehmen, weißes Licht vom Himmel fallen könne. Vor die Hinterfläche des Würfels lege man einen ähnlichen Spiegel. Man wird nun durch Neigung beider Spiegel es leicht dahin bringen können, daß weißes polarisirtes Licht senkrecht auf die Vorderfläche des Würfels falle, ihn durchdringe und von dem hintern Spiegel durch eine zweite Reflexion ins Auge falle. Liegen, wie wir annehmen, die Reflexionsebenen beider Spiegel parallel, so erblickt man in dem hintern Spiegel die erleuchtete Fläche des Würfels schön gefärbt, und zwar in der Mitte ein weißes Kreuz, darauf nach den Ecken hin in der Richtung der beiden Diagonalen farbige Kreiße in

folgender Ordnung, braungelb, schwarzblau, grünlichweiß, gelb, Purpur. Lässet man den vordern Spiegel ruhig liegen, dreht aber den hintern Spiegel um eine verticale Axe so, daß dessen Reflexionsebene mit der Reflexionsebene des vordern Spiegels einen Winkel von 45° macht, so sieht man in der Mitte des Würfels ein schwarzes Kreuz, und nach den Ecken die Farbenringe in folgender Ordnung, bläulichweiß, gelb, roth, dunkelblau, hellblau; die complementairen Farben der vorigen. Man hat diesen Erscheinungen den Namen der Entoptischen Figuren gegeben.

Die polarisirende Kraft des Glases verlieret sich, wenn man es erhitzt und allmählig wieder erkalten lässet. Auch kann sie, wie Brewster gefunden hat, durch einen blos mechanisch wirkenden Druck im Glase erzeugt werden.

Von dem Auge und den optischen Werkzeugen.

§. 271.

Ehe wir zu dem Bau des Auges übergehen, wollen wir die einfachere Einrichtung der finstern Kammer betrachten.

Man verfinstere ein Zimmer und lasse durch eine Oeffnung von einigen Linien im Durchmesser Licht von aussen hereintretten, und fange die von der Oeffnung aus divergirenden Lichtkegel senkrecht auf ihre Axe mit einem weißen Schirm auf. Man wird auf dem Schirm die Bilder der äussern Gegenstände deutlich, aber matt erleuchtet erblicken. Macht man die Oeffnung größer, so werden die Bilder heller, aber undeutlicher, und verschwinden endlich

ganz bey einer grossen Oeffnung, weil dann von jedem einzelnen Punct des reflectirenden Schirms Licht dem Auge zugestrahlet wird, welches von sehr verschiednen Gegenständen herrühret, und daher blos den Eindruck von Helligkeit hervorbringt. Man vergleiche hiermit was §. 229 von der Entstehung der Bilder gesaget worden ist. Die beschriebene Einrichtung des finstern Zimmers hat das angenehme, daß mehrere Personen zugleich die Bilder auf dem reflectirenden Schirm beobachten können.

Um der Deutlichkeit unbeschadet die Bilder heller zu machen, setzet man ein converes Glas von einer gewissen Breite und etwas langen Brennweite in die Oeffnung, und den Schirm genau an die Stelle, wo die Spitzen der von dem converen Glas ausgehenden convergirenden Strahlenkegel hinfallen (§. 248). Um endlich das finstere Zimmer tragbar, und so zur Abzeichnung oder blosen Beschauung der Gegenstände bequemer zu machen, gebe man ihm eine der folgenden Einrichtungen.

1) ABCD Fig. 196 a ist ein pyramidenförmiger inwendig geschwärzter Kasten, bey FF steht eine convere Linse in einer Röhre verschiebbar, um die Brennweite FJ nach jeder Entfernung des Gegenstandes O einrichten zu können; aussen bey AE ist ein ebener Spiegel angebracht, welcher sich um eine verticale Are drehen, und zugleich unter jeder Neigung gegen AB stellen lässet. Er empfängt das Licht von dem Gegenstand, sendet es durch Reflexion auf die Linse FF und diese entwirft davon in ihrem Brennpuncte J ein deutliches Bild, welches man mit einem weissen Papier auffängt. Will man das auf dem Papier entworfene Bild abzeichnen, so muß bey BC eine mit einem Vorhang zu verschliessende Oeffnung seyn, wodurch der Zeich-

ner Gesicht und Hand in den Raum des finstern Zimmer bringen kann.

2) Noch bequemer ist die Vorrichtung Fig. 196. ABCD ist der finstere Kasten, FF die verschiebbare Linse, DB der reflectirende Spiegel, welcher das durch die Linse hervorgebrachte Bild des Gegenstand's auf ein matt geschliffenes Glas nach AB wirft, worauf man es deutlich sehen und nach Belieben abzeichnen kann; AE ist ein Schirm um fremdes Licht abzuhalten. Diese Einrichtung heißt camera clara.

3) Man kann die Wirkung des Spiegels und des Linsenglases in einem Prisma Fig. 197 vereinigen, dessen Vorderfläche FF′ die Stelle des convexen Glases, die Hinterfläche FG aber die Stelle des Spiegels vertritt. Diese Fläche kann hinten geschwärzt werden. Je nachdem man das Prisma dreht, fallen die reflectirten Strahlen aufwärts oder unterwärts auf eine beliebige Fläche, die in die Brennweite der Linse FF′ gestellet wird.

§. 272.

Der Aehnlichkeit des Zweckes wegen wollen wir hier eines von Wollaston erfundnen Instrumentes erwähnen, welches von dem Erfinder camera lucida genannt worden ist. ABDC Fig. 198 ist ein vierseitiges gläsernes Prisma von kleinen Dimensionen, die beiden Flächen CD, DB sind unter einem Winkel von 135° gegen einander geneigt, der Winkel A ist ein Rechter. Fället Licht von einem Gegenstand L senkrecht auf die Vorderfläche AC, so dringt es zum Theil auf die Hinterfläche CD, welche man schwärzen kann, wird hier in a und zum zweiten mahl in b unter einem Winkel von 22½° reflectiret, und gelanget so zum Auge in O, welches sonach den Gegenstand nach

versetzt. Befindet sich daselbst ein weisses Blatt Papier, so kann man auch neben dem kleinen Instrument vorbey dahin sehn, und den Gegenstand bequem abzeichnen.

§. 273.

Die Einrichtung der finstern Zimmer erläutert uns den künstlich vortrefflichen Bau des Auges. Die nächst folgende Beschreibung bezieht sich zunächst auf das menschliche Auge.

Die Gestalt des Auges im Ganzen ist kugelförmig. Aussen umgiebt es die harte Haut abde Fig. 199, welche sich nach vornen bey bcd erhebt, convexer wird und durchsichtig ist, und hier den Namen der Hornhaut erhält. Zunächst an die harte Haut schliesset sich nach innen die Gefäßhaut, und an diese die Schleimhaut an, welche die ganze innere Wand des Auges von bd an nach hinten zu mit einem schwarzen undurchsichtigen Schleim bekleidet. Bey N tritt der Sehenerve in das Auge, und vertheilet sich von da an als ein feines netzförmiges Häutchen rund um über der Schleimhaut bis nach gf hin. Der innere Raum des Auges wird durch die Krystalllinse mn in drei Abschnitte getheilet, deren jeder mit einer höchst durchsichtigen farbenlosen Flüssigkeit erfüllt ist, und zwar der vordere zwischen der Hornhaut und der Linse liegende Raum mit der sogenannten wässerigten Feuchtigkeit, der zwischen den Häuten der Linsen befindliche Raum mit der krystallenen, und der ganze hintere Raum des Auges mit der gläsernen Feuchtigkeit. Vor der Linse, quer durch das Auge, und senkrecht auf seine Axe ziehet sich die undurchsichtige Farbenhaut ro, mit einer kreisförmigen Oeffnung pq in ihrer Mitte, der Stern oder die Pupille genannt. Sie wirkt offenbar wie eine Blendung, welche das zu

weit von der Axe der Linse auffallende Licht, welches eine zu starke Brechung erleiden würde, abhält.

Aus dem, was über die Wirkung der Linsengläser gesaget worden ist, erhellet, daß die durch die Hornhaut nahe bey der Axe cC dringenden Lichtkegel in der Hornhaut wie in einem Meniscus eine erste Brechung erleiden müssen, wodurch sie schon etwas convergent durch die Pupille pq zu der Kristallinse mn gelangen, um hier nochmals gebrochen, und in stärker convergente Strahlenkegel verwandelt zu werden, die ein Bild der äussern Gegenstände auf der Netzhaut entwerfen. Dieß kann mit der gehörigen Deutlichkeit nur dann geschehn, wenn die Spitzen der gebrochnen Strahlenkegel sich an der Stelle der Netzhaut befinden. Daher wir ausserhalb der Gränze des deutlichen Sehens, wo die von sehr nahen Gegenständen zu divergent auf die Linse fallenden Lichtkegel nicht mehr auf der Netzhaut vereiniget werden können, auch nichts mehr deutlich durch das Auge wahrnehmen. Da indessen vermöge der Erfahrung von dieser Gränze des deutlichen Sehens an (8 — 10 Zollen) bis zur unendlichen Ferne hin ein gesundes Auge die Gegenstände deutlich sieht, und doch nach optischen Gesetzen die Brennweiten der Linsen sich für nahe Gegenstände verlängern (§. 248), so muß die Natur eine Einrichtung getroffen haben, wodurch die Bilder von nahen wie von fernen Gegenständen auf die Netzhaut fallen, geschehe dieß nun durch eine Verlängerung des Augeapfels in der Richtung der Axe, wenn wir nach nahen Gegenständen sehen, oder durch eine stärkere Convexität der Hornhaut, oder durch eine veränderte Figur der Linse.

Die mit verschiednen Brechungskräften begabten Flüssigkeiten im Auge, so wie die verschiednen Krümmungen der Flächen der Hornhaut, der Linse und die sphärische

Krümmung der Netzhaut scheinen viel zum deutlichen Sehen beyzutragen; denn durch die Vertheilung der Brechungen an verschiedne Stellen und Mittel, wodurch sie an jeder einzelnen Stelle kleiner ausfället, wird auch die Undeutlichkeit wegen der sphärischen Gestalt und der Farbenzerstreuung vermindert. Ein absoluter Achromatismus scheint indessen in dem Auge nach Frauenhofers Bemerkung nicht Statt zu finden.

Die Pupille besitzt die Fähigkeit sich bey starkem Lichte zusammen zu ziehen, bey schwachem zu erweitern, wodurch im ersten Fall der zu große Reiz des Auges vermindert, im andern der zu schwache erhöhet wird. Daß der Sitz des Sehens im Auge das Nervengeflechte der Netzhaut ist, geht daraus hervor, weil mit der Lähmung des Sehenervens auch alle Sehkraft verschwindet, dagegen andere Theile des Auges leiden oder selbst fehlen können, ohne absolute Blindheit zu erzeugen, wie z. B. die Operation des grauen Staares beweiset, wobey die getrübte Linse weggeschaffet wird, und von dem Patienten durch ein vor das Auge gehaltnes convexe Glas ersetzet werden kann.

Die Bilder im Auge haben zwar wegen der Kreuzung der Axen in der Pupille, die verkehrte Lage von den äussern Gegenständen, wir können aber diesen Gegensatz unmöglich wahrnehmen, weil nur von dem Bilde im Auge die Empfindung erregt wird, und wir diese Empfindung nur durch eine Art von Urtheil wieder nach den verlängerten Seheaxen rückwärts hinaustragen. Die Beantwortung der Frage, warum sehen wir die Gegenstände nicht doppelt, da doch in jedem Auge ein Bild, und von ihm eine Empfindung erregt wird, scheint schwieriger. Die beste Beantwortung ist wohl folgende: die völlige Uebereinstimmung der Eindrücke in beiden Augen, und die sehr frühe erworbene Erfahrung, daß sie nur einem Gegenstande angehören, lässet uns die Verschiedenheit beider Empfindungen nicht mehr wahrnehmen. Daß sie wirklich vorhanden sey, ist nicht zu bezweifeln. Man schliesse, indem man mit beiden Augen nach einem nicht allzufernen Gegenstande sieht, abwechselnd das eine und das andere Auge, so wird der Gegenstand herüber und hinüber rücken, wegen des Winkels den die beiden Augenaxen mit einander machen. Auch sieht man bey gewissen Krankheiten der Augen doppelt.

§. 274.

Ein Auge ist kurz- oder beysichtig, wenn es ferne Gegenstände undeutlich sieht, dagegen nahe Gegenstände in einer kleinern Weite, als die gewöhnliche Gränze des deutlichen Sehens ist, noch deutlich erkennen kann. Da nahe Gegenstände ihr Bild weiter hinter der Linse haben, als ferne; so besteht der Fehler eines kurzsichtigen Auges darin, daß die Bilder ferner Gegenstände vor die Netzhaut fallen, und durch das Wiederauseinandertretten der vor der Netzhaut vereinigten Strahlen auf dieser selbst nur ein undeutliches Bild entstehen kann. Der Fehler wird verbessert, wenn man vor das Auge ein Hohlglas bringt, dessen Brennweite der fernsten Gränze des deutlichen Sehens des kurzsichtigen Auges entspricht, weil dann alle von weit entlegnen Puncten herrührenden Lichtstrahlen so in das Auge fallen, als ob sie von dem Brennpuncte des Glases herkämen.

Der Fehler der Weitsichtigkeit ist der entgegengesetzte, hierbey fallen die Bilder von nahen Gegenständen hinter die Netzhaut, er wird durch ein vor das Auge gehaltnes convexe Glas von schicklicher Brennweite verbessert, weil dieß die zu schwache Brechkraft des Auges ersetzet.

Es ist eine praktische Regel, daß der Kurzsichtige nur solche Hohlgläser und der Weitsichtige nur solche Convexgläser wähle, wodurch jener die fernen, dieser die nahen Gegenstände so eben deutlich erblickt, damit durch zu scharfe Gläser der Fehler der Augen nicht vermehret werde.

Zur Erläuterung dienet folgender Versuch mit dem sogenannten künstlichen Auge, einer kleinen finstern Kammer, in deren Hintergrund sich ein mattgeschliffenes Glas befindet, auf welches die Bilder der äussern Gegenstände fallen, welche von einer in der Oeffnung stehenden Linse hervorgebracht werden. Das mattgeschliffene Glas vertritt die Stelle der Netzhaut.

Schiebt man die Linse weiter hinaus, so fallen die Bilder vor das Glas und sind undeutlich; ein vor die Linse gehaltnes Hohlglas von gehöriger Brennweite bringt die Deutlichkeit der Bilder auf dem Glase wieder hervor. Schiebt man die Linse zu weit herein, so muß ein convexes Glas vor dieselbe gehalten werden, um die Deutlichkeit der Bilder wieder herzustellen.

Von den Mikroscopen.

§. 275.

Unter den Mikroscopen versteht man überhaupt solche Werkzeuge, welche nahe liegende sehr kleine Gegenstände vergrößert und deutlich zeigen. Von dem Gebrauch der einfachen Linsengläser (Lupen) zu dieser Absicht ist bereits §. 248 geredet worden. Hier sollen die zusammengesetzten Mikroscope erläutert werden. Die gewöhnlichste Einrichtung derselben stellt Figura 200 dar, A ist eine kleine convexe Linse, etwas ausserhalb deren Brennpunct das Object o gestellet wird, sonach entsteht von demselben ein vergrößertes Bild in J′ (§. 249). Bevor dieses Bild zur Wirklichkeit kommt, werden die nach ihm convergirenden Strahlen durch das zweite sogenannte Feld- oder Sammelglas B stärker convergent zum Bilde J″ vereiniget, welches endlich durch das dritte oder Augenglas C wie durch eine Lupe betrachtet wird. Um die Vergrößerung eines solchen Mikroscops zu finden, dividire man

1) o A in die Weite des deutlichen Sehens
2) A J′ durch B J′
3) B J″ durch C J″

und multiplicire die drei Quotienten in einander.

Es lassen sich aber die genannten Größen aus den Brennweiten der drei Gläser und ihrer Stellung gegen einander

nach §. 249 durch Zeichnung oder durch Rechnung finden. Stellet man in J'', wohin das Bild fället und wo sich eine Blendung befindet, ein Mikrometer (das ist einen auf ein Planglas gezeichneten feinen Maaßstab), so kann man durch Messung des vergrößerten Bildes von einem bekannten Gegenstande die vergrößernde Wirkung der beiden ersten Gläser finden, und wenn man diese mit dem um 1 vermehrten Quotienten aus der Weite des deutlichen Sehens durch CJ'' multipliciret, so erhält man ebenfalls die Vergrößerung des Mikroscops nach der linearen Dimension; deren Quadrat die Vergrößerung nach der Fläche, und deren Cubikzahl die Vergrößerung nach dem körperlichen Inhalte giebt. Ist der Durchmesser der Blendung bekannt, so setze man das Mikrometer an die Stelle des Objects, und zähle wie viel seiner Theile auf jenen Durchmesser gehen, die wahre Größe dieser Theile mit dem Durchmesser der Blendung verglichen giebt die Vergrößerung der beiden ersten Gläser; übrigens verfähret man wie oben.

Zu einem zusammengesetzten Mikroscop gehören gewöhnlich mehrere Objectivlinsen A die nach und nach eingesetzt werden können und eine desto stärkere Vergrößerung geben, je kleiner ihre Brennweite ist. Mit der zunehmenden Vergrößerung steht die Erleuchtung im umgekehrten Verhältnisse. Es ist daher nöthig den Gegenstand o stark zu beleuchten. Dieß geschieht gewöhnlich durch Hohlspiegel, welche das vom Himmel auf sie fallende Licht durch Reflexion concentriret auf den Gegenstand o leiten.

Es ist sehr zweckdienlich, wenn wenigstens die erste Objectivlinse A achromatisch zusammengesetzet ist, nur hat die Ausführung Schwierigkeiten, wegen den kleinen Dimensionen dieser Linsen. Daher verdienet des französischen Optiker's

Herrn Selligue's Einrichtung achromatischer Mikroscope empfohlen zu werden. Er nimmt zu den schwächern Vergrößerungen ein achromatisches Objectiv von etwas größern Abmessungen, und für die starkern Vergrößerungen setzt er mehrere solcher Gläser hinter einander, die dann zusammen wie eins von kleinerer Brennweite wirken; zugleich giebt er dem Oculare eine weite Verschiebung, damit man durch Annäherung des Gegenstands zur Objectivlinse und gleichzeitige Ausziehung des Oculares eine stärkere Vergrößerung erhalten könne. Fresnel urtheilet über diese Mikroscope in einem darüber an die Akademie der Wissenschaften abgestatteten Bericht, daß sie vortrefflich seyen; besonders bey einer nicht über das 200fache gehenden Vergrößerung (Bulletin des Sciences technologiques 1825 No. 4). Dingler's polyt. Journ. 19 B. 6 H.

Auch Frauenhofer in München verfertiget vorzüglich gute achromatische Mikroscope.

Ist man mit keinem achromatischen Mikroscop versehen, so ist Brewsters Vorschlag, die Gegenstände durch einfarbiges hellgelbes Licht zu beleuchten, als Ersatzmittel anzuwenden. Brewster bedienet sich zur Hervorbringung dieses Licht's einer von ihm erfundnen monochromatischen Lampe. Sie besteht aus der Flamme eines mit Wasser verdünnten Weingeists, die in eine Laterne eingeschlossen ist, welche ein blaßgrünes und blaßgelbes Glas enthält, indem das Licht der Flamme durch diese Gläser dringt wird es einfarbig hellgelb.

§. 276.

Amici hat die schon füher von Newton, Smith und andern vorgeschlagnen katadioptrischen Mikroscope sehr verbessert. Die wesentliche Einrichtung eines solchen Mikroscopes besteht in Folgendem.

Am Ende einer messingnen Röhre (12 Zoll lang 1,1 Zoll weit) steht ein elliptisch geschliffner metallener Hohlspiegel, so daß seine große Axe mit der Axe der Röhre zusammenfället. Zwischen dem nähern Brennpunct und der Fläche des Hohlspiegels steht ein kleiner ebener Spiegel unter einem Winkel von 45° gegen den Hohlspiegel und die Axe des Rohres geneigt. Dem ebenen Spiegel

gegenüber ist in der Seitenwand der Röhre eine Öffnung, vor welche der gehörig beleuchtete Gegenstand so gestellet wird, daß das von ihm auf den ebenen Spiegel fallende, und durch Reflexion auf den elliptischen Hohlspiegel kommende Licht trifft, als ob es von dem nähern Brennpunct desselben käme. Daher wird durch eine zweite Reflexion des Hohlspiegels in dem fernen Brennpunct ein Bild erzeuget, welches hier durch ein in der Axe der Röhre stehendes Ocular beobachtet wird. Der Vorzug dieser Reflexionsmikroscope besteht darin, daß sie eine sehr starke bis zum 2000fachen gehende Vergrößerung zulassen. Der Gebrauch möchte minder bequem als der der dioptrischen Mikroscope seyn.

(Gilb. Annalen 1820. 11. St.)

§. 277.

Das Sonnenmikroscop dienet um das Bild eines durch concentrirtes Sonnenlicht stark beleuchteten Gegenstands vergrößert auf einen Schirm in einem dunkeln Zimmer fallen zu zu lassen, wo es dann mehrere Personen zugleich betrachten können.

abcd Fig. 201 ist eine Röhre, welche um ihre wagrechte Axe in der Fassung eines Ladens AB drehbar ist, bey ac befindet sich ein ebener Spiegel, der in jeder Neigung gegen die Axe der Röhre gestellet werden kann; er empfängt das Sonnenlicht SR, und reflectirt es auf das Sammelglas ab, welches es concentriret auf den Gegenstand o sendet; dieser steht etwas ausserhalb der Brennweite der Objectivlinse l, welche von ihm das vergrößerte Bild J auf dem weißen Schirm entwirft. Ist der Gegenstand undurchsichtig, so wird das rund um denselben vorbeyfahrende Licht, von einem in seiner Mitte durch-

brochnen kleinen Hohlspiegel aufgefangen, der zwischen l und o steht, wodurch der undurchsichtige Gegenstand von hintenher erleuchtet und das hier von ihm reflectirte Licht zur Linse l gesendet wird.

Die bekannte Zauberlaterne beruht auf denselben optischen Gründen, ist aber für Lampenlicht eingerichtet. Man denke sich unter AB Fig. 201 die Vorderseite eines ganz verschließbaren Kastens, an der ihr parallel gegenüber stehenden Hinterseite, in der verlängerten Richtung der Röhre abcd stehet ein Hohlspiegel, dessen Axe mit der Axe der Röhre zusammenfällt; in dem Brennpunct des Hohlspiegels eine Lampe, über derselben ein Rauchfang. Das von der Lampe auf den Spiegel fallende Licht wird von ihm in parallelen Strahlen nach dem Sammelglas ab reflectiret, und fället so concentriret auf den Gegenstand o. Statt einer Objectivlinse bedienet man sich gerne zweier, denen man eine größere Breite und Brennweite geben kann. Durch Annäherung der Linse zum Object rückt dessen Bild weiter hinaus, wird größer, aber matter erleuchtet.

§. 278.

Das von dem ältern Adam's erfundne und von dem Sohn verbesserte Lampenmikroscop dienet zu ähnlichen Zwecken wie die beiden vorbeschriebenen Instrumente, hat aber eine etwas veränderte Einrichtung. In einem pyramidenförmigen Kasten Fig. 202 befinden sich zwei Linsengläser, die Objectivlinse vornen bey l, die breitere größere, das Feldglas, hinten bey AA. Um diesem eine größere Apertur geben zu können, ohne die Abweichung wegen der Farben und der Gestalt zu sehr zu vergrößern, pfleget man es aus zwei Linsen zusammen zu setzen, die für eine von der halben Brennweite gelten. Der Gegenstand o,

wird, wenn er undurchsichtig ist, wie die Figur zeigt, erleuchtet. Das von r aus dem Focus des Glases q strahlende Lampenlicht, wird als paralleles Licht auf den Hohlspiegel q gebracht, und von diesem convergirend nach dem Gegenstand o geworfen. Ist dieser selbst durchsichtig, so steht die Lampe unmittelbar hinter demselben. Von dem Gegenstand, welcher etwas ausserhalb des Brennpunctes der Linse l steht, entwirft dieselbe hinter sich ein vergrößertes Bild, welches durch das Sammelglas, das die Strahlen stärker convergent bricht, früher in JJ zu Stande gebracht wird. Hier steht entweder ein mattgeschliffenes Glas, um das Bild auf dasselbe fallen zu lassen, oder man betrachtet das Bild von dem Puncte B aus, wo die in der Objectivlinse sich kreuzenden Hauptstrahlen die Axe wieder schneiden. Damit dieß mit der gehörigen Deutlichkeit geschehen könne, muß BJ der Weite des deutlichen Sehens entsprechen, und die gemeinschaftliche Brennweite der Gläser A A wenigstens eben so groß seyn.

Von den Fernröhren.

§. 279.

Unter den Fernröhren versteht man solche Werkzeuge, wodurch ferne Gegenstände dem Auge unter einem größern Sehewinkel und eben dadurch angenähert erscheinen. Ihre Construction ist entweder rein dioptrisch, oder katadioptrisch. Wir betrachten zuerst die dioptrischen Fernröhren. Das älteste Werkzeug der Art besteht aus einem convexen Objectiv, und concaven Ocularglas, welche mit ihren Axen genau in eine gerade Linie und so gestellet sind, daß ihre Entfernungen von einander dem Unterschiede ihrer Brennweiten gleich sind. Das Objectiv A Fig. 203 empfängt von dem fernen Gegenstande pq Strahlen, welche mit ihren

Axen parallel sind, und diese würden in dem Brennpunct des Glases zum Bilde il vereiniget werden, aber die nach ihm convergirenden Strahlenkegel werden von dem concaven Ocular B, dessen Brennweite = oi ist, aufgefangen, und weil sie nach seinem Brennpunct convergiren, in parallelle Strahlen mit den Axen oi, ol verwandelt. Durch solche Strahlen sieht aber ein gutes Auge ferne Gegenstände deutlich; es wird also auch hier den Gegenstand unter dem vergrößerten Sehewinkel POQ = iol deutlich erblicken. Da wir bey fernen Gegenständen die Größe nur nach dem Sehewinkel beurtheilen, so erhält man die Vergrößerung eines solchen Fernrohres, wenn man die Winkel O und A mit einander vergleicht, deren Verhältniß durch den Quotienten der Brennweite des Objectivs dividiret durch die Brennweite des Oculars dargestellet wird. Kurzsichtige sehen nach Beschaffenheit ihrer Gesichtsschärfe durch weniger oder mehr divergent zum Auge kommende Strahlen deutlich; dieß geschieht, wenn das Ocular von dem Bild il ab-, oder zum Objectiv A zugerückt wird (§. 249), daher muß das Ocularglas in einer besondern Röhre, in der Röhre des Objectiv's, verschiebbar seyn. Die Röhren halten zugleich durch innere Schwärzung und schickliche Blendungen, das fremdartige und zerstreute Licht ab.

Die Helligkeit oder die Erleuchtung des vergrößerten Bildes PQ steht im verkehrten quadratischen Verhältnisse der Vergrößerung, und dem directen der Oeffnung des Objectiv's; letztere muß also mit der Vergrößerung zunehmen, wenn der Gegenstand nicht zu dunkel erscheinen soll. Mit dem Durchmesser der Apertur des Objectivs nimmt aber die Undeutlichkeit wegen der sphärischen Gestalt und die noch größere wegen der Farbenzerstreung zu. Daher der

Nutzen achromatischer Objective, welche eine stärkere Vergrößerung und eine größere Oeffnung zulassen.

Von dem eben beschriebenen Fernrohr hat Gälilai zuerst die Theorie gegeben, daher trägt es seinen Namen. Man bedienet sich dieser Art Fernröhre jetzt nur zu den kleinern Taschenperspectiven, wobey man keine starke Vergrößerung sucht. Bey starken Vergrößerungen würden bey dieser Art Fernröhren, die hinter dem Ocularglas auseinander fahrenden Lichtstrahlen so divergent werden, daß das Auge nur gar zu wenig zugleich fassen könnte; das Gesichtsfeld würde sich zu sehr verengen.

Da man nicht immer Gelegenheit hat, die Brennweite der Gläser eines Perspectiv's genau zu untersuchen, so bemerke man sich folgende Art die Vergrößerung zu schätzen, welche besonders bey kleinen Taschenperspectiven leicht angewendet werden kann. Man sehe mit dem Perspectiv nach einem fernen Gegenstand, der sich gegen den Himmel hin projicirt z. B. den Schornstein eines Hauses und zugleich mit dem andern Auge neben vorbey nach demselben Gegenstand; dann wird man das vergrößerte und unvergrößerte Bild neben einander, wie es Fig. 203 angiebt, erblicken, und die Vergrößerung leicht schätzen können. Genauer wird diese Methode, wenn man als Ziel einen gleichtheiligen mit in der Ferne kenntlichen Strichen verfertigten Maaßstab wählet.

§. 280.

Das astronomische Fernrohr, wie es von Keplern zuerst angegeben worden ist, besteht aus zwei converen Gläsern, dem Objectivglas A Fig. 204, und dem Ocular a. Beide stehen gehörig centriret um die Summe ihrer Brennweiten auseinander. Das Objectiv A entwirft von dem fernen Gegenstand p q in seinem Brennpunct das verkehrte Bild i l, und dieß wird durch das Augenglas e wie durch eine Lupe betrachtet. Dieß Fernrohr zeigt die Gegenstände verkehret, aber sehr hell und deutlich. Der Ort des Auges o befindet sich da, wo die durch die Mitte des Objectivs

ehenden Hauptstrahlen die Axe wieder schneiden. Die Vergrößerung wird, wie bey dem galiläischen Fernrohr gefunden, wenn man die Brennweite des Oculars in die Brennweite des Objectivglases dividiret. Dieß Fernrohr ist deswegen zu astronomischen Beobachtungen wie auch zu geometrischen Messungen, wobey das Verkehrete der Gegenstände nichts auf sich hat, so brauchbar, weil das Bild des Objectiv's in il wirklich zu Stande kommt und an die Stelle, wo es sich befindet, ein Fadenmikrometer gesetzet werden kann, das dann zugleich mit dem Bilde durch das Ocular vergrößert und deutlich erscheint; hierdurch allein wird es möglich, die Stellungen, so wie die scheinbaren Durchmesser der beobachteten Gegenstände in aller Schärfe zu bestimmen.

Soll das astronomische Fernrohr die größte Vollkommenheit erhalten, so muß nicht nur sein Objectiv völlig achromatisch seyn, sondern man muß auch die durch die Brechung im Augenglas entstehenden farbigen Ränder wegzuschaffen zu suchen. Dieß kann geschehen, wie die Rechnung zeigt, wenn man statt eines Augenglases zwei braucht. Das erste Augenglas wird entweder, wie bey den zusammengesetzten Mikroscopen, vor das Bild il gestellet, wodurch dieß etwas früher zu Stande kommt und dadurch zugleich schärfer begränzt wird, oder man stellet nach Ramsden's Vorschlag das vordere Augenglas etwas hinter das Bild il. Die letztere Einrichtung ist bey solchen Fernröhren, wo man Faden-Mikrometer anbringen will, vorzuziehen, weil dann die Stelle des Bildes il, wo das Mikrometer hinkommt, unveränderlich bleibt, wenn man auch die Ocularglässer nach der verschiednen Weite des deutlichen Sehens verrückt. Da verschiedne Gegenstände, nach ihrer Beschaffenheit und Helligkeit, verschiedne Vergrößerun-

gen zulassen, wobey sie am deutlichsten erscheinen, so pfleget man bey astronomischen Fernröhren zu demselben Objectivglas mehrere Oculare zu verfertigen, die eine desto stärkere Vergrößerung geben, eine je kleinere Brennweite sie haben.

Das vollkommenste dioptrisch astronomische Telescop ist ohne Zweifel das von Frauenhofer für die russische kaiserliche Sternwarte zu Dorpat verfertigte. Das achromatische Objectiv desselben hat 108 pariser Linien Oeffnung und 160 Zoll Brennweite. Bey sehr stark vergrößernden Werkzeugen eilen besonders die um den Aequator stehenden Sterne so schnell durch das Gesichtsfeld des Fernrohres, daß kaum eine genaue Beobachtung möglich ist. Diesem Uebel zu begegnen, ist das große Fernrohr parallactisch aufgestellet, d. i. eine der beiden Hauptaxen, um welche es sich dreht, ist gegen den Horizont des Ort's so geneigt, daß ihre Lage der Weltaxe parallel ist, folglich die Axe verlängert den Pol trifft. Die zweite Axe, die Declinationsaxe genannt, ist auf ersterer, der Stundenaxe, genau vertical, und zwar dermaaßen, daß, wenn man sich das Fernrohr in der Mittagsebene denkt, die zweite Axe die Richtung von Osten nach Westen hat. Wird bey dieser Aufstellung das Fernrohr gegen einen Stern gerichtet, so darf blos die Stundenaxe mit einer solchen Geschwindigkeit bewegt werden, daß sie sich in 24 Stunden einmahl herumdrehen würde, um den Stern unverrückt in dem Gesichtsfelde des Fernrohres zu erhalten. Diese Bewegung wird der Stundenaxe durch ein Uhrwerk mitgetheilet, welches durch ein im Kreise schwingendes Pendel (Centrifugalpendel) regulirt wird. Das mehrere Centner schwere Fernrohr ist in Bezug auf seine beiden Axen durch Gegengewichte so vollkommen aequilibriret, daß es sich durch die kleinste Kraft bewegen lässet. An jeder Axe ist ein eingetheilter Kreiß befestiget. Die Theilung des Stundenkreißes geht bis auf 4 Secunden der Zeit, die des Abweichungskreißes bis auf 10 Secunden im Bogen herunter.

Eine vorläufige Prüfung des Fernrohr's zeigte, daß die Güte desselben dem 25 füßigen Reflector von Schröter, und selbst dem 40 füßigen von Herschel nicht nachsteht.

Mehr über dieses vortreffliche Werkzeug zu sagen, würde

hier, beym Mangel einer Abbildung unverständlich seyn. (Man sehe astron. Nachrichten von Schumacher No. 74. 75. 76.)

§. 281.

Obgleich bey der Betrachtung der himmlischen Gegenstände das Verkehrterscheinen derselben im Sternrohr nichts auf sich hat, so würde dieß doch stöhrend bey der Beobachtung irdischer Objecte seyn. Man giebt daher den Fernröhren zu diesem Zweck eine solche Einrichtung, daß das verkehrte Bild des Objectiv's wieder die gerade Stellung erhält. Sonst bediente man sich hierzu dreier Augengläser, jetzt lieber vier.

Fig. 205 und 206 zeigen die beiden Einrichtungen. Bey der erstern stehen die drei Augengläser, welche von gleicher Brennweite sind, und wovon je zwei um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind, so, daß das Bild vom Objectivglas il in dem Brennpunct des ersten Oculars steht. Dieß bricht die von dem Bilde auf es fallenden Strahlenkegel zu parallelen Strahlenbündeln auf das zweite Glas, die sich aber zwischen den beiden Gläsern kreuzen.

Das zweite Ocular bricht die parallelen Strahlenbündel zu convergirenden, die sich in seinem Brennpuncte zu einem zweiten, nun wieder aufrecht stehenden, Bilde i′l′ vereinigen, das durch das dritte Ocular wie durch ein Vergrößerungsglas betrachtet wird. Hier bleibt die Vergrößerung wie bey dem astronomischen Fernrohr, aber es geht, wegen der mehreren Oculare, an Helligkeit verloren.

Bey der Einrichtung Fig. 206 steht das Bild des Objectivs il innerhalb der Brennweite des ersten Oculars, welches daher divergirendes Licht zum zweiten Ocular sendet, das sich innerhalb der Gläser kreuzet, von dem zwei-

ten Ocular convergirend, und von dem dritten noch [illegible] ker convergirend zum aufrechten Bilde i'I' vereiniget [illegible] das man endlich durch das vierte Ocular wie durch [illegible] Lupe betrachtet. Die letztere Einrichtung hebt die farb[illegible] Ränder besser als die erstere.

Wenn man die Vergrößerung eines astronomischen [illegible] Erdfernrohres nicht aus den Brennweiten und der Stel[illegible] seiner Gläser berechnen will, welches oft umständlich und [illegible] der vielerlei Messungen minder genau ist, so kann man [illegible] folgender, von Adams vorgeschlagner Methode bedienen. [illegible] stelle das Fernrohr so, daß man einen fernen Gegenstand [illegible] lich sieht, und richte darauf seine Axe nach einer hellen [illegible] des Himmels; befestige hinter dem letzten Ocular einen [illegible] auf durchsichtiges Horn oder öhlgetränktes Papier gezeichn[illegible] Maaßstab, am besten ein Glasmikrometer. Das helle [illegible] der Oeffnung des Objectivs, wird sich auf dem Maaßstab [illegible] ein lichter Kreiß darstellen. Man messe dessen Durchme[illegible] auf dem Maaßstab genau mit Hülfe einer Lupe, und divi[illegible] ihn in den Durchmesser der Objectivöffnung, so erhält [illegible] die Vergrößerung. Der Grund des Verfahrens erhellet daraus, weil die parallel mit der Axe durch das Objectiv fallende Strahlen in seinem Brennpunct convergiren, und von da [illegible] wieder gegen das Ocular auseinander fahren. Die Durchme[illegible] ser der Grundflächen der entgegengesetzten Strahlenkegel m[illegible] sich daher wie ihre Längen, d. i. wie die Brennweiten [illegible] Objectivs und Oculars verhalten. Die Methode ist auch [illegible] wendbar bey Fernröhren mit mehreren Augengläsern, wie [illegible] bey Spiegelteleskopen; nicht aber bey dem galiläischen Fer[illegible] rohr, weil hier kein Bild vor dem Ocular zu Stande komm[illegible] Arago hat noch eine andere Art die Vergrößerung der Fer[illegible] röhren zu messen angegeben, mit Hülfe eines doppelt brechen den Prismas. Man sehe Biots Phys. 3. B.

Von den reflectirende Fernröhren oder Spiegeltelescopen.

§. 282.

Die reflectirenden Telescope sind eine Erfindung Newtons, welcher an der Möglichkeit dioptrische Fernröhren

achromatisch zu construiren zweifelte. A Fig. 207 ist ein sphärischer oder parabolischer Hohlspiegel, in den Hintergrund einer Röhre gestellet, deren Axe AC nach der Mitte des fernen Gegenstandes DB gerichtet ist. Der Spiegel entwirft von dem Gegenstand in seinem Brennpunct ein verkehrtes Bild il, welches durch einen ebenen Spiegel aufgefangen und nach i′l′ reflectiret wird. Dieses letztere Bild betrachtet man durch das Augenglas o von der Seite. Die Vergrößerung dieses Spiegeltelescopes, welches die größte Aehnlichkeit mit dem kepplerischen Sternrohr hat, wird gefunden, wenn man die Brennweite des Ocularglases o in die Brennweite des Objectivspiegels A dividiret. Herschel und Schröter haben diese Art Telescope in großer Vollkommenheit, und in einer früher nicht erhörten Größe von 40 und 20 Fuß Länge ausgeführet. Doch sollen nach den neuesten Erfahrungen (§. 280) die beßten achromatischen dioptrischen Fernröhren von 5 bis 10 Fuß Brennweite, und einer gleichen Anzahl Zolle in der Oeffnung des Objectivs jene großen Spiegeltelescope an Güte noch übertreffen. Der Grund davon lieget darin, daß durch die Reflexion des Lichts in den Spiegeln mehr Licht verschluckt wird, als durch die Brechung in guten farbenfreien Gläsern.

Um die verkehrte Stellung des Bildes des newtonschen Spiegeltelescops zu vermeiden, hat man nach Gregory's und Cassegrain's Vorschlag andere Reflectoren construiret, welche, wie die Erdfernröhren, die Gegenstände aufrecht darstellen, und zugleich dem Auge die Stellung in der Axe des Telescops geben. Fig. 208 erläutert Gregory's Einrichtung.

AB ist der Objectivspiegel, in der Mitte bey C durchbohret, um die Röhre mit den Augengläsern CO auf-

zunehmen. Der Spiegel entwirft von einem fernen Gegenstand pq in seinem Brennpunct ein verkehrtes Bild ii. Dieß dienet als Gegenstand für einen kleinen in der Axe verschiebbaren Hohlspiegel D. Stellet man denselben so, daß das Bild etwas ausserhalb seinem Brennpunct f leget, so entwirft der kleine Spiegel von dem Bilde ein zweites weiter entfernt liegendes wieder aufrechtes Bild i''i'', welches aber nicht zur Wirklichkeit kommt, sondern durch das erste Augenglas C früher in i'i' hervorgebracht wird. Dieses Bild betrachtet das Auge durch das zweite Ocular unter dem vergrößerten Sehewinkel i'O i'.

Erklärung einiger optischen Meteore.

§. 283.

Die Erklärung des Regenbogens bietet eine der schönsten Anwendungen der newtonschen Theorie von der verschiednen Brechbarkeit des Lichtes dar, daher wir beym Schlusse dieses Abschnittes einige Worte darüber sagen wollen.

Es bezeichne C Fig. 209 einen Wassertropfen, CS die nach dem Mittelpunct der Sonne gerichtete Axe desselben. Ferner sey Sa ein unter einem Winkel von 59° 24' mit der Axe einfallender Strahl, dieser erleidet bey a die erste Brechung, bey b eine Zurückstrahlung und bey d die zweite Brechung, wodurch er in farbige Strahlen gespalten nach du, du' ausfähret. Die Rechnung zeiget, daß alle nahe um a einfallende Strahlen, beym Ausfahren, in so ferne sie von einerlei Farbe sind, unter einander parallel bleiben, daher ein in u gestelltes Auge ein farbiges

Sonnenbild nach der Richtung a d erblickt. Der Winkel x beträgt für die rothen Strahlen 42° 2′ für die violetten 40° 15′. Es giebt noch eine zweite Art wie das Auge Licht von dem Regentropfen durch eine doppelte Brechung und zweifache Zurückstrahlung erhalten kann. Den Weg, welchen hierbey das Licht nimmt, geben die punctirten Linien an. Das Licht tritt bey a″ unter einem Winkel von 71° 50′ in den Tropfen, wird bey b″ und c″ nach d″ reflectiret, wo es durch eine zweite Brechung in Farben gespalten austritt. Der Winkel, unter welchem es bey a″ die Axe SM schneidet, beträgt für die rothen Strahlen 50° 58′, für die violetten 54° 10′.

Nun bezeichne O Fig. 210 die Stelle des Auges, welches hinter sich nach S die Sonne hat, vor sich eine beleuchtete Regenwand D, so wird es von den Tropfen a und b durch einfache Zurückstrahlung und doppelte Brechung, von den Tropfen c und d durch doppelte Brechung und doppelte Zurückstrahlung Licht von der Sonne erhalten. Denkt man sich die Figur um die Linie CM wie um eine Axe gedreht, so haben alle Tropfen, die in den dadurch beschriebenen Kreißbögen liegen, eine gleiche Stellung gegen die Sonne und das Auge. Letzteres wird also zwei mit farbigem Licht strahlende Regenbögen sehen; in dem innern das rothe nach oben, das violette Licht nach unten, in dem äussern Regenbogen das violette Licht oben, das rothe unten; und zwischen beiden Regenbögen einen dunkeln Abstand von nahe 8 Graden. Die Breite des innern Regenbogens beträget mit Hinzurechnung der scheinbaren Größe der Sonne 2° 43′, des äussern 3° 42′, welches alles mit der Erfahrung übereinstimmt.

Der äussere Regenbogen ist nicht immer sichtbar, weil er oft zu blaß ausfällt um erkannt zu werden.

Andere optische Meteore, wie die kleinern und größern Höfe um Sonne und Mond, wovon letztere zuweilen mit Neben-Sonnen und Neben-Monden begleitet sind, können zwar ebenfalls aus der Brechung und Zurückstrahlung theils in wässerigten, theils in gefrornen Dünsten, welche zwischen dem Auge des Beobachters und jenen Gestirnen in der Atmosphäre schweben, erkläret werden. Die Voraussetzungen aber, welche dabey in Beziehung auf die Beschaffenheit jener Dünste gemacht werden müssen, sind mehr hypothetischer Art. Wir verweißen deßfalls auf unser Handbuch der Naturlehre, Biot's Physik, Gehler's physikalisches Wörterbuch Artikel Höfe 2c.

Die kleinern Höfe, wobey jederzeit das rothe Licht nach aussen gekehret ist, können künstlich nachgebildet werden, wenn man durch den Dunststrom einer Aelopile oder ein dünne angelaufenes Glas nach einem Licht sieht. Die Erscheinungen der größern Höfe will Wollaston durch die Kunst erzeuget haben, indem er durch eine dünne auf einem Glas ausgebreiteten Schichte krystallisirten Alauns nach einem Licht sah. Mir wollte dieser Versuch nur sehr unvollkommen gelingen.

Elfter Abschnitt.

Von der Elektricität.

§. 284.

Die elektrischen Erscheinungen sind jetzt von so viel höherm Interesse für den Naturforscher, nachdem man ihren Zusammenhang mit den Wirkungen der Wärme, der chemischen Verwandtschaften, des Magnetismus und selbst den Functionen der Nerven in den thierischen Organismen erkannt hat. Wir reden zuerst von den durch die Reibung an den Oberflächen der Körper erregten elektrischen Erscheinungen, deren Gesetze am frühesten erkannt und fest gestellet worden sind.

Elektricität durch Reibung hervorgebracht.

§. 285.

Man reibe Bernstein, Siegellack oder irgend ein festes Harz, Schwefel, Glas an einem etwas erwärmten wollenen Tuch, so ertheilet man diesen Körpern dadurch das Vermögen andere leichte Körper anzuziehen und wieder abzustossen. Hält man z. B. eine durch Reibung elektrisirte

Siegellackstange nahe über einen Tisch, auf welchem man etwas Sand, Kleye, Hirsenkörner oder dergleichen gestreut hat, so wird man diese Körperchen schnell zwischen dem geriebenen Siegellack und dem Tische hin und herfahren sehn. Die Wirkung wird bedeutend stärker und auf grössere Entfernungen sich erstreckend, wenn man statt der Siegellackstange eine 2 — 3 Fuß lange, inwendig wohl getrocknete und verschlossene, Glasröhre durch ein mit Amalgama bestrichenes Leder reibt. Die elektrische Anziehung äussert sich dann auf mehrere Fuße. Führet man die elektrisirte Glasröhre vor dem Gesicht hin und her, so hat man das Gefühl von der Berührung einer Spinnewebe, welches durch die den feinen Häärchen auf der Oberfläche der Haut mitgetheilte Bewegung erzeuget wird. Bringt man einen Knöchel des Fingers schnell gegen die geriebene Glasröhre, so bricht zwischen beiden ein Funke mit einem kleinen Geräusche, und einem stechenden Gefühle in dem Finger hervor.

Nicht alle Körper sind gleich geschickt durch Reibung elektrisch zu werden, diejenigen, welche es in hohem Grade sind, wie die oben erwähnten, heißen elektrische Körper. Ganz unelektrische Körper giebt es schwerlich. Nicht jedes Reibzeug tauget für jeden elektrischen Körper gleich gut. Für Glas und harte Steine ist ein mit einem Amalgama aus Zinn, Zink und Quecksilber bestrichenes Leder, für Harze, Schwefel, und ähnliche brennbare Körper sind erwärmte wollene Zeuge oder thierische Haare, besonders Katzenpelz, die beßten Reibzeuge. Die Feuchtigkeit ist stets der durch die Reibung zu erzeugenden Elektricität nachtheilig, weil sie dieselbe abführet und zerstreuet.

Mittheilung der durch Reibung erregten Elektricität an andere Körper.

§. 286.

Man hänge ein leichtes Kügelchen von Kork oder ein Blättchen Staniol an einem feinen Seidenfaden auf, und nähere demselben eine geriebene Siegellackstange; es wird schnell von ihr angezogen und wieder abgestossen werden, und fortfahren die geriebene Siegellackstange zu fliehen, wenn die Luft trocken ist. Bietet man dem abgestossenen Kügelchen in einiger Entfernung den Finger dar, so fähret es schnell an diesen, dann wieder zum Siegellack, und so fort hin und her, bis sich die Elektricität auf den geriebenen Siegellack wieder verloren hat. Ganz ähnliche Erscheinungen bemerkt man, wenn man dem beweglichen Körper eine geriebene Glasstange nähert.

Dieser einfache Versuch belehret uns: 1) daß sich die durch Reibung erregte Elektricität andern Körpern mittheilen lässet, und sich selbst dadurch schwächet und endlich verlieret; 2) daß gleichartig elektrisirte Körper sich unter einander abstossen, der elektrisirte Körper aber einen jeden unelektrischen Körper anzieht, und von ihm gezogen wird.

Versuche zur Erläuterung des elektrischen Anziehens und Abstossens geben der elektrische Haarpinsel, der elektrische Tanz, das Flugrädchen, das Glockenspiel u. d. m.

Unterschied zwischen elektrischen Leitern und Nichtleitern.

§. 287.

Man berühre einen durch Reibung oder Mittheilung elektrisirten Körper mit der Hand oder einem in der Hand

gehaltnen Metall, so wird man ihm seine Elektricität bald rauben; dieß geschieht nicht, wenn man ihn mit Glas, Harz oder dergleichen elektrischen Körpern berühret. Wir müssen daher jenen Körpern die Fähigkeit zuschreiben, die Elektricität leicht in sich aufzunehmen, fortzuführen und andern Körpern mitzutheilen. Sie heißen Leiter der Elektricität; dagegen die andere Classe von Körpern, welche der Aufnahme und Fortpflanzung der Elektricität Schwierigkeiten entgegen setzet, Nichtleiter der Elektricität genannt werden. Zwischen beiden stehen die sogenannten Halbleiter inne. Die besten elektrischen Körper sind zugleich die besten Nichtleiter oder Isolatoren der Elektricität. Die besten Leiter die Metalle. Ihr Leitungsvermögen steht nach Becquerel (Mem. de l'acad. 1825) in folgenden Verhältnissen gegen einander. Kupfer = 100; Gold = 93,6; Silber = 73,6; Zink = 28,5; Platina = 16,4; Eisen = 15,8; Zinn = 15,5; Bley = 8,3; Quecksilber = 3,45; Potassium = 1,33. Dieß ist ungefähr dieselbe Ordnung, welche schon früher v. Marum festgestellet hatte; dagegen Davy dem Silber die größte Leitkraft zuschreibt. Uebrigens stehen die Leitkräfte desselben Körpers im directen Verhältnisse seines Querschnitts und dem verkehrten der Länge. An die Metalle reihen sich zunächst als gute Leiter der Elektricität an, die Holzkohle, erhitzte Dämpfe, wässerigte Salzlösungen, Wasser und feuchte Körper überhaupt.

Der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern der Elektricität wird durch folgenden Versuch anschaulich. Man isolire einen etliche Fuß langen an den Enden wohl abgerundeten Metalldrath, und daneben eine eben so lange Glasstange. An dem einen Ende des Metalldraths, so wie der Glasstange befestige man zwei parallel neben einander herabhängende metallene oder linnene Fäden. In dem Augenblick, wo man das

andere Ende des Metalldraths mit einem elektrisirten Kö
berühret, werden die Fäden divergiren und eben so schnell
der zusammenfallen, wenn man die dem Drath mitgeth
Elektricität durch Berührung mit dem Finger an irgend e
Stelle raubt. Nicht so verhält sich die Sache bey der is
ten Glasstange. Hier muß man den elektrisirten Körper
Ende, wo die Fäden herabhängen, wenn diese zur Diver
kommen sollen, desto mehr nähern, je schwächer die Elektri
des geriebenen Körpers ist. Hat man endlich dem Glase d
Berührung Elektricität an einer gewissen Stelle mitgeth
so lässet sich diese ihm nicht rauben, wenn man es an e
andern Stelle mit dem Finger berühret. Wir müssen uns
her vorstellen, daß die Elektricität, wenn sie auf Nichtle
erreget oder ihnen mitgetheilet worden ist, an der Stelle
sie sich befindet fest haftet, dagegen bey vollkommnen Le
so frei längst ihrer Oberfläche beweglich ist, daß sie wahrsc
lich ohne den Widerstand, welchen ihr die Luft darbi
schnell sich zerstreuen würde. Diese Ansicht wird sehr da
bestättiget, daß ein im luftleeren Raum aufgehangenes
troscop eine kaum bemerkbare Divergenz zeiget, durch e
Grad der elektrischen Spannung der sich im luftvollen R
sehr deutlich geäussert haben würde.

Entgegengesetzte Elektricitäten.

§. 288.

Man theile einem an einem Seidenfaden bew
aufgehangenen kleinen Leiter die Elektricität des geriel
Siegellacks mit; er wird nun, indem er das Sieg
fliehet, von einer geriebenen Glasstange angezogen we
Lässet man einen solchen beweglichen isolirten Leiter
schen einer geriebenen Glas- und Siegellackstange von
cher elektrischer Kraft hin und her spielen, so vern
sich dadurch die beiden Elektricitäten wechselseitig. D
Gegensatz bemerkte zuerst Dü Fay und bezeichnete ihn
die Glas- und Harzelektricität. Da aber die beiden
tricitäten dem Glas und Harz nicht ausschließlic

kommen, so bezeichnet man sie mit Fränklin besser durch positive und negative Elektricität, indem dadurch zugleich der elektrische Gegensatz, daß + e und — e zusammen = 0 geben, mathematisch bestimmt ist.

In Beziehung auf die entgegengesetzten Elektricitäten gelten nun folgende Gesetze: + e stößet + e ab und zieht — e an; — e stößet — e ab und ziehet + e an; + e und — e vermindern sich wechselseitig, und wenn sie an Stärke gleich sind, heben sie sich auf, oder geben das elektrische Gleichgewicht.

Bemerken wir uns sogleich folgende weitere einander entgegenstehende Eigenschaften beider Elektricitäten.

Ein mit einer Spitze versehner positiv elektrischer Körper zeiget im Dunkeln einen von der Spitze aus divergirenden Lichtkegel, und an einer ihm von der Ferne dargebotenen Spitze einen leuchtenden Punct, dagegen ein negativ elektrisirter Körper beide Phänomene gerade in der umgekehrten Ordnung hervorbringt. Lässet man einen Funken von einem positiv elektrisirten Körper auf eine dünne Harzscheibe schlagen, und pudert dann die Stelle mit einem Staub ein, der geneigt ist die negative Elektricität anzunehmen (wie semen lycopodii, zerriebenes Colophonium), so zeiget der Staub die Figur eines strahlenförmigen Sternes. Hat man einen negativen Funken auf die Harzscheibe schlagen lassen, so bildet der aufgepuderte Staub strahlenlose Ringe oder Zonen. Man bedienet sich zu den negativen Figuren am besten eines Staubes, der leicht positiv elektrisch wird, wie fein zerriebener Mennige, feinen Sandes und dergl. Lichtenberg entdeckte die elektrischen Figuren.

Ein anderer sehr bemerkenswerther Gegensatz zwischen der positiven und negativen Elektricität findet sich in den

chemischen Wirkungen der voltaischen Säule, indem die negative E. reducirend und den Sauerstoff abstoßend, dagegen die positive E. auflösend und den Sauerstoff anziehend wirkt.

§. 289.

Ueberall, wo Elektricität durch Reibung erregt wird, kommen die entgegengesetzten Elektricitäten zugleich zum Vorschein, zeigt der geriebene Körper + e, so hat das Reibzeug — e und umgekehret. Keine der beiden Elektricitäten kann einen bedeutenden Grad der Spannung erreichen, wenn nicht die ihr entgegengesetzte auf Null gebracht, oder wie sie entsteht wieder abgeleitet wird. Die Elektricität, welche irgendwo angehäufet ist, hat ein desto größeres Bestreben sich den umgebenden Körpern mitzutheilen, je bessere Leiter diese sind, und je größer die Spannung der Elektricität ist. Spitzen besitzen das Vermögen die Elektricität viel leichter ein- und auszulassen, als runde Körper. Auf diesen durch die Erfahrung bewährten Sätzen beruhet die Construction unsrer gewöhnlichen Elektrisirmaschinen, von welchen wir zuerst reden wollen, ehe wir zur nähern Betrachtung der elektrischen Erscheinungen übergehen.

Fig. 211 I und II zeiget die Einrichtung einer Walzenmaschine, welche die positive und negative Elektricität zugleich giebt. A ist der Nichtleiter, ein Glascylinder von 20 bis 30 Zoll Länge und 10 bis 15 Zoll Durchmesser. Er muß in der Richtung seiner Axe an beiden Enden mit offnen Hälsen versehen seyn, wodurch er bequemer gefasset, und inwendig wohl ausgetrocknet werden kann. Die Axe, welche übrigens nicht durchgehen soll, ruhet auf beiden Seiten auf isolirenden Glassäulen E. An einem, oder,

wenn die Maschine groß ist, an jedem Ende derselben, eine Kurbel angebracht, deren mittlerer Theil k aus einer Glasstange besteht. Zu beiden Seiten des elektrischen Richtleiters befinden sich die zwei ersten oder Hauptleiter, oder Conductoren C, C, zwei hohle metallene Cylinder, welche auf isolirenden Glassäulen D, F ruhen. Der für die positive Elektricität bestimmte Conductor C ist mit einsaugenden Spitzen i versehen, der für die negative C', ist mit dem Reibzeng R verbunden. Dieß bestehet aus einem elastischen Kissen, das nach der Seite des elektrischen Körpers mit einem mit Amalgama bestrichnen Leder bezogen ist. Von dem Reibzeug geht über die obere Hälfte des Glascylinders, bis beynahe zu den einsaugenden Spitzen ein gefirnißter oder sogenannter Wachstaffent R L M. Er verhindert das Zerstreuen der Elektricität von dem Kissen, wo sie durch Reibung erregt wird, bis zu dem Einsauger i. Die beiden Säulen D und F müssen mit ihren untern Fassungen in der Fußplatte G H verschiebbar seyn, damit man sowohl das Reibzeug, als auch den Einsauger des positiven Leiters dem elektrischen Richtleiter mehr oder weniger nähern könne.

Dreht man die Maschine um, während beide Conductoren isoliret sind, so zeiget der positive wie der negative Conductor einen gleichen Grad entgegengesetzter Elektricität. Führet man die negative Elektricität zum Boden ab, so wird die positive in C, und führet man diese ab, so wird die negative in C' wenigstens um das Doppelte erhöhet. Verbindet man beide Conductoren durch einen Leiter, so zeiget keiner eine Spuhr von Elektricität, wenn gleich die Maschine gedreht, und das sich entwickelnde + und

nach C geführet wird, weil es eben so schnell wieder nach C′ abfliesset und durch dessen — e vernichtet wird.

Die gute Wirkung einer Elektrisirmaschine beruht vorzüglich auf folgenden Dingen: 1) auf der elektrischen Kraft des zu reibenden Körpers, welche vorher geprüft werden muß; 2) auf der guten Isolirung des elektrischen Körpers, so wie der beiden Hauptleiter; 3) auf der centrischen Fassung der Maschine, wodurch ein gleichfömiger Druck des Reibzeug's gegen den Nichtleiter erhalten werden kann. Ein allzustarker Druck ist eben nicht vortheilhaft, weil er die Maschine zu leicht beschädiget, und zu einer Erhitzung des Glases Anlaß giebt, wodurch dessen Oberfläche leitend wird. Dagegen finde ich aus eigner Erfahrung, daß eine große Umdrehungsgeschwindigkeit bey mäßigem Druck für die Erregung der Elektricität sehr vortheilhaft ist. Daher bey nicht sehr großen Maschinen die Drehung des Nichtleiters durch Rad und Rolle zu empfehlen ist.

Statt des Glascylinders kann man auch eine geschliffene Glasscheibe zum elektrischen Körper wählen, weil nicht der körperliche Raum, sondern die Größe der geriebenen Oberfläche die Menge der erzeugten Elektricität bestimmt. Die Glasscheiben werden in ihrem Mittelpunct durchbohret, um eine Axe aufnehmen zu können. Die Reibzeuge werden an den entgegengesetzten Enden eines Durchmessers auf beiden Flächen der Scheibe zugleich angebracht, denn obgleich in der Regel die Elektricität nur von einer Seite der Scheibe durch den erstern Leiter aufgenommen wird, so bewirkt doch die auf der andern Seite erregte Elektricität eine vermehrte Spannung der erstern und somit ein schnelleres Strömen derselben zum ersten Leiter. Dieß scheinet ein Grund zu seyn, warum Scheibenmaschinen bey gleicher Größe oft mehr leisten, als Cylindermaschinen. Daher möchte die Idee Wolframs (siehe Gilb. Ann. 1. 1823. 5. St.), große gläserne Glocken oder offene Cylinder aussen und innen zugleich zu reiben, der Beachtung der Künstler zu empfehlen seyn, da Cylindirmaschinen wohlfeiler als Scheibenmaschinen sind. Eine der größten und wirksamsten Elektrisirmaschinen hat v. Marum für das Harlemer Musäum aus 2 Scheiben, jede von 63 Zollen im Durchmesser, bauen lassen.

Hypothese über die Ursache der Elektricität.

§. 290.

Der berühmte Fränklin stellte folgende Hypothese zu Erklärung der zu seiner Zeit bekannten elektrischen Erscheinungen auf, welche sich durch ihre Einfachheit auszeichnet, und selbst noch in den neuern Zeiten von Alexander Volta zur Grundlage der Theorie seiner Säule gemacht worden ist. Fränklin sucht die Ursache der elektrischen Erscheinung in einer sehr feinen elastischen Flüssigkeit, deren Theilchen unter einander sich stark abstossen, aber von allen andern Körpern, jedoch in verschiednem Maaße, gezogen werden. Hierdurch eignet sich jeder Körper einen gewissen Antheil elektrischer Flüssigkeit zu, und setzt sich dadurch mit dem elektrischen Zustande der ihn umgebenden Körper ins Gleichgewicht; diesen Antheil von elektrischer Flüssigkeit der Körper nennt Fränklin den natürlichen, dabey herrscht elektrisches Gleichgewicht. Tretten aber zwei Körper A, B durch Reibung oder auf andere Art in elektrische Wechselwirkung, und A entzieht dem B einen Antheil seiner elektrischen Flüssigkeit, so werden nun beide Körper elektrisch, und zwar A positiv, B negativ. Nach Fränklin beruht also der negativ elektrische Zustand eines Körpers auf einer Verminderung seines natürlichen Antheil's von elektrischer Flüssigkeit, so wie der positiv elektrische Zustand auf einer Vermehrung desselben. Da nun die elektrische Flüssigkeit vermöge ihrer eigenthümlichen Spannkraft stets ein Streben hat, von dem Orte, wo sie im Ueberfluß ist, nach dem Orte hinzuströmen, wo Mangel daran ist, so erkläret sich hieraus der Zug der positiv elektrisirten Körper gegen die negativ elektrisirten. Das wechselseitige Abstossen gleichartig elektrisirter Körper, sowohl der positiven, wie der ne-

gativen, erkläret man im Geiste der Fränklinschen Hypothese aus dem Zuge der entgegengesetzt elektrisirten Luftschichten, welche die elektrisirten Körper nach aussen hin umgeben. Die Ansicht erhält eine Stütze durch die bis zum Verschwinden verminderte Divergenz gleichartig elektrisirter Körper im luftleeren Raume. Ueberhaupt ist nicht zu leugnen, daß man mit der Fränklinschen Hypothese ausreicht, so lange man es blos mit der Erklärung von elektrischen Bewegungen und einer aus dem gestöhrten Gleichgewicht abzuleitenden ungleichen Vertheilung der elektrischen Flüssigkeit zwischen Körpern, die unter einem wechselseitigen elektrischen Einflusse stehen, zu thun hat. Schwerlich möchte dasselbe von den verschiednen chemischen Wirkungen gelten, welche man seit Entdeckung der Voltaischen Säule den entgegengesetzten Elektricitäten zuschreiben muß. Daher ist jetzt die Hypothese Symmers, welcher zwei elektrische Flüssigkeiten annimmt, die beliebtere geworden. Nach derselben ziehen sich die Theilchen der entgegengesetzten elektrischen Flüssigkeiten einander mit großer Kraft an, und geben im gehörigen Verhältnisse verbunden das elektrische Gleichgewicht. Die Theilchen einer jeden elektrischen Flüssigkeit stoßen sich dagegen ab, besitzen aber sehr verschiedne Verwandtschaften gegen die übrigen Körper, wodurch diese geneigt werden positiv oder negativ elektrisch zu werden. Schwerlich giebt es nach den neuern Erfahrungen irgend einen Körper, der nicht Spuhren einer oder der andern Elektricität im freien Zustande zeigte, wenn gleich von so geringer Spannkraft, daß sie sich nicht durch elektrische Wirkungen in die Ferne zu erkennen giebt.

Sollte es aber auch Körper geben, die in Hinsicht ihres elektrischen Zustandes indifferent wären, so dürfen

wir sie uns doch nicht von aller Elektricität beraubt, sondern nur in dem Verhältnisse mit ± e begabt vorstellen, in welchem beide sich wechselseitig aufheben. Nach der dualistischen Hypothese hätten wir uns die Erregung der El. durch Reibung so vorzustellen. Die Reibung vermehret die Verwandtschaft des einen Körpers A gegen + e, des Körpers B gegen — e, und so entsteht ein wechselseitiger Tausch beider Elektricitäten zwischen den Körpern; A wird positiv, B negativ elektrisch. Da indessen beide El. das Streben zur Vereinigung besitzen, dagegen jede die ihr gleichartige zurückstösset, so muß aus beiden Ursachen die Größe der Vertheilung der entgegengesetzten El. zwischen den Körpern A und B ihre Gränze finden. Wird B mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, so kommt sein freies — e durch Aufnahme von + e auf o und der Körper erhält dadurch auf's Neue die Fähigkeit + e an A abzutretten und dagegen — e von ihm aufzunehmen.

Hieraus erkläret sich die Einrichtung unsrer Elektrisirmaschinen. Wie man die übrigen aus der ungleichen elektrischen Vertheilung entspringenden Phänomene nach der dualistischen Hypothese erkläret, werden wir bald sehen.

Da es bis jetzt keinem Naturforscher gelungen ist, die eigentliche Beschaffenheit der elektrischen Flüssigkeit und ihrer beiden entgegengesetzten Modificationen genau nachzuweisen, so bleibt sowohl die Fränklinsche als die dualistische Hypothese nur ein Hülfsmittel, die verschiedenartigen elektrischen Phänomene aus einem gemeinschaftlichen Princip abzuleiten.

Elektrometer, und Gesetz wonach die elektrischen Anziehungen und Abstossungen in die Ferne wirken.

§. 290.

Die Kraft womit die gleichartig elektrisirten Körper

einander abstossen, hat uns die Mittel dargeboten, die Gegenwart der freien Elektricität zu erkennen und ihre Stärke zu messen. Die dazu dienenden Werkzeuge heißen Elektrometer. Die gewöhnlichsten sind die Pendelelektrometer, wovon wir hier nur die vorzüglichsten kurz beschreiben wollen.

1) Das Cavallosche von Volta verbesserte Strohhalmenelektrometer Fig. 212. ab ist eine eben geschliffene kreisförmige Metallplatte, welche mit einer unten angelötheten Fassung auf einen gut isolirenden Glascylinder efgh aufsitzt, welcher selbst von einem schicklichen Fußgestelle getragen wird. An einem Metalldrath c, der in die Mitte der Platte ab eingeschraubt ist, hängen zwei feine Strohhälmchen ii an feinen Metallfäden gleich Pendeln herab. Theilet man der Platte ab Electricität mit, so divergiren die Strohhälmchen. Die Größe der Divergenz wird am besten durch eine aussen an dem Glascylinder angebrachte Scale gemessen.

2) Das Bennetsche Goldblattelektrometer ist dem vorhin beschriebenen ganz ähnlich construiret, nur sind an c zwei Goldblättchen pendelartig aufgehangen. Dieses Elektrometer ist eins der empfindlichsten, und es so wohl, als das vorhin beschriebene, können leicht mit dem Condensator verbunden werden, wodurch sie noch empfindlicher werden. Die Art der Elektricität wodurch die Pendel divergiren erkennt man an diesen Elektrometern, wenn eine geriebene Siegellackstange ab genähert wird. Vermehret sich die Divergenz, so ist die angezeigte El. negativ, gegentheils positiv.

Noch bequemer in Hinsicht auf die Anzeige und Beschaffenheit der Elektricität ist

3) das von Bohnenberger verbesserte Elektrometer Fig. 213. Ein etwas weiterer Glascylinder ist oben durch eine metallene Platte geschlossen. In deren Mitte ist eine

Glasröhre e eingekittet und durch diese geht isoliret ein mit einem Knopf d versehner Metalldrath, an welchem ein leicht bewegliches einfaches Goldblättchen e f herabhängt; zu beiden Seiten desselben befinden sich zwei trockne elektrische Säulen mit ihren entgegengesetzten Polen nach unten gekehret. Die gleiche Kraft dieser Säulen auf das Goldblättchen vernichtet sich selbst, so lange dieses im natürlichen Zustande ist, wird aber demselben die kleinste Spuhr freier El. durch den Knopf d mitgetheilet, so neiget es sich sogleich mit seinem untern Ende nach dem entgegengesetzten Pol, woraus die Art der E. erkannt wird.

Man kann auch statt zwei Säulen eine in horizontaler Lage isoliret unter das Goldblättchen stellen, und von deren beiden Polen zwei Metallstreifen parallel mit dem Goldblättchen in die Höhe gehen lassen. Endlich ist es für condensatorische Versuche gut, wenn man statt des Knopfes d, eine kreisförmige metallene Scheibe, wie a b Fig. 212 aufschrauben kann.

3) Das QuadranteneleKtrometer Fig. 214. a b ist ein metallischer Leiter, vor welchem ein leicht bewegliches Pendel (gewöhnlich ein Strohhalm, der nach Belieben unten bey d mit einer Kugel von Kork versehen werden kann) aufgehängt ist. Setzt man a b mit dem ersten Leiter in Verbindung, so wird durch die Kraft der Elektricität das Pendel abgestossen, dessen Abstossungswinkel man an einem Quadranten misset. Es ist bequem, nach dem Vorschlag Mayer's, a b mit einem besondern Zuleiter a g zu verbinden, der durch eine Glasröhre a f, und durch eine zweite Glassäule h h', die auf dem Fussgestelle A B ruhet, isoliret ist. Den eingetheilten Quadranten setzt man am besten in einige Entfernung hinter das Elektrometer, um dessen störenden Einfluss zu beseitigen.

§. 291.

Wenn man aus der Divergenz eines Elektrometers auf die Größe der elektrischen Spannkraft schliessen will, muß man 1) das Gesetz kennen, wonach die elektrische Kraft mit der Entfernung abnimmt; 2) die Art wie die Elektricität in einem Leiter von gegebener Gestalt vertheilet ist.

Schon der Analogie nach mit andern Wirkungen anziehender Kräfte in die Ferne ließ sich erwarten, daß auch die elektrische Kraft in dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen stehe. Coulomb hat das Gesetz zuerst durch Versuche mit seiner Drehwage siehe Fig. 3 Taf. I bewiesen. Er hieng einen dünnen Cylinder von Schellack an dem Drath auf und befestigte an einem Ende dieses leichten Hebels ein kreißförmiges kleines Stanniolblättchen. Mit dem Stanniolblättchen wurde eine isolirte kleine Kugel, welcher man einen bestimmten Grad von El. mitgetheilet hatte, in Berührung gebracht; das Stanniolblättchen wurde zurückgestossen, der Hebel gedreht, und der Drath um einen bestimmten Winkel gewunden. Wollte man bey gleichbleibender Kraft der El. das Stanniolblättchen auf die Hälfte der vorigen Entfernung zurückführen, so mußte dem Drath durch den Knopf q eine Windung in entgegengesetzter Richtung gegeben werden, die das Vierfache der anfänglichen Windung betrug; da nun die Elasticitäten des Drathes sich wie die Windungswinkel verhalten, so fliesset hieraus das obige Gesetz.

2) Lässet man vor einer elektrisirten, nicht allzu kleinen, Kugel einen leicht beweglichen Körper, durch die Wirkung der elektrischen Anziehung schwingen, so verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Entfernungen des schwingenden Körpers von dem Mittelpuncte der Kugel. Da

aber die Schwingungszeiten sich auch verhalten verkehrt wie die Quadratwurzeln aus den beschleunigenden Kräften, so führen diese Versuche ebenfalls auf das elektrische Anziehungsgesetz nach dem verkehrten der Quadrate der Entfernungen.

Neuere Versuche zur Feststellung des obigen Gesetzes von Egen finden sich in Poggendorfs Annalen 1825 10. u. 11. St. nebst critischen Bemerkungen gegen andere Versuche die das Gegentheil beweißen sollten.

Mayer hat in einer Abhandlung der Göttinger Societät der Wissenschaften vom Jahr 1822 den Gang der Pendelelektrometer Fig. 214 bey gegebener elektrischer Spannung und unter der Voraussetzung einer gleichförmigen Vertheilung der Elektricität in dem Elektrometer analytisch bestimmt, und zwar 1tens, wenn die elektrischen Abstossungen in dem Verhältniß der Quadrate der Entfernungen, und 2tens, wenn sie im einfachen Verhältnisse der Entfernungen abnehmen. Die letztere Voraussetzung stimmte mit Mayers Versuchen besser überein. Es lassen sich aber die Mayerschen Versuche mit dem Coulombschen Gesetze vereinbaren, sobald man annimmt, daß die El. in dem Pendel-Elektrometer nicht gleichförmig vertheilet, sondern den Entfernungen von dem Aufhängepunct c proportional gewesen sey. Mayers scharfsinnigen Untersuchungen bleibt immer das Verdienst, uns mit der sehr zusammengesetzten Anzeige der Pendelelektrometer besser, als bisher, bekannt gemacht zu haben. Daher theilen wir folgende von M. berechneten Werthe hier mit; jedoch mit der Bemerkung, daß sie nur auf ähnlich gebauete Elektrometer angewendet werden dürfen.

Spannung der E.	Divergenz in Graden	Spannung der E.	Divergenz in Graden
0,0000	0°	0,4422	50°
0,0520	10°	0,5732	60°
0,1247	20°	0,7123	70°
0,2154	30°	0,8556	80°
0,3220	40°	1,0000	90

Vertheilung der Elektricität in Leitern.

§. 292.

Man theile einer metallenen isolirten Kugel eine bestimmte Menge freier + E. oder — E. mit, dieselbe wird sich auf der Oberfläche der Kugel gleichförmig vertheilen, im Innern derselbe bleibt nichts. Dieß lässet sich durch folgenden Versuch beweißen. Man setze zwei hohle Halbkugeln mit ihren Grundflächen so zusammen, daß sie ein leitendes Ganze bilden, und doch einen Zwischenraum lassen, in welchen man ein empfindliches Elektrometer aufhängen kann. Theilet man der isolirten Kugel E. mit, so wird das Elektrometer im Innern ganz ruhig bleiben, jedes aussen an die Kugel gehaltne Elektrometer aber sogleich divergiren. Die Erscheinung erkläret sich nur vollständig aus der gleichförmigen Vertheilung der E. auf der Oberfläche der Kugel, und der Abnahme der elektrischen Kraft nach dem Quadrate der Entfernungen, und spricht daher für beide Gesetze. Denn wenn man sich irgendwo innerhalb einer Kugel einen Punct p denkt, und von demselben aus in entgegengesetzten Richtungen Kegel an die Oberfläche der Kugel gezogen, so stehen die Grundflächen dieser Kegel in dem quadratischen Verhältnisse ihrer Entfernungen von dem Puncte p. Wenn nun bey gleichförmiger Vertheilung der E., die Menge derselben innerhalb der Grundfläche, den Grundflächen proportional, und ihre Wirkungen auf den Punct p im verkehrten der Quadrate der Entfernungen stehen, so müssen sich die Wirkungen innerhalb je zweier entgegengesetzten Kegel auf den Punct p vernichten, und somit die Wirkung der ganzen Kugeloberfläche auf diesen Punct.

Es seyen zwei isolirte leitende Kugeln A, B, von

gleichen Durchmessern in Berührung, man theile ihnen freie E. mit, diese wird sich nun nicht mehr gleichförmig über beide Kugeln vertheilen, sondern an dem Berührungspunct wird o E. seyn, und von da an wird die Dichte und Spannkraft der E. nach den entgegengesetzten Enden der durch den Berührungspunct gehenden Durchmesser in beiden Kugeln wachsen. Der Berührungspunct beider Kugeln befindet sich in Hinsicht derselben in einer ganz ähnlichen Lage, wie der Punct p innerhalb einer Kugel. Denkt man sich um die dem Berührungspunct entgegengesetzten Pole in jeder Kugel Zonen beschrieben, so muß die E. einer jeden solchen Polarzone, mit der aller übrigen Zonen in beiden Kugeln im Gleichgewicht seyn, daher desto dichter ausfallen, je kleiner man den Halbmesser der Polarzone denkt. Man kann sich auch von der Wahrheit durch die Erfahrung überzeugen, wenn man mit einem kleinen isolirten Scheibchen Goldpapier einer der Kugeln zuerst nahe an dem Berührungspuncte, und dann am entgegenstehenden Pol etwas E. entzieht und jede derselben einem empfindlichen Elektrometer mittheilet. Die erste wird das Elektrometer kaum anzeigen, indessen letztere eine bemerkbare Divergenz veranlasset.

Sind drei oder mehrere Kugeln von gleicher Dimension in wechselseitiger Berührung, so werden die mittlern eine schwächere aber nahe gleich starke, die gegen die Enden hin liegenden Kugeln eine stärkere Elektricität besitzen. Hiervon kann man sich durch ähnliche Schlüsse wie die voranstehenden sind, wie auch durch die Erfahrung überzeugen. Man bringe drei isolirte gleiche Kugeln in Berührung, theile ihnen E. mit, nehme dann die mittlere Kugel heraus, so wird jede der äussern Kugeln an einem Elektrometer eine gleich starke, die mittlere Kugel

aber eine schwächere E. besitzen. Denkt man sich endlich eine Reihe sich berührender Kugeln von abnehmenden Durchmessern, und ihnen alle freie E. aus einer gemeinschaftlichen Quelle mit getheilet, so muß sich dieselbe nach der Seite der kleinern Kugeln hin immer mehr anhäufen und verdichten.

Der vorletzte Fall erläutert zugleich wie sich die freie Elektricität in einem Cylinder vertheilen müsse, der letzte wie die Vertheilung in einer conischen Spitze erfolge, und erkläret das große Bestreben der Elektricität, aus Spitzen zu entweichen.

Man verdankt Coulomb die Gründung der Lehre von der Vertheilung der E. in Leitern, Poisson hat dieselbe durch analytische Rechnungen schärfer bestimmt, unter Voraussetzung des Coulombschen Gesetzes. Biot hat mehrere Resultate von Poisson's Analyse mit der Erfahrung gut übereinstimmend gefunden, wodurch jenes Gesetz eine neue Bestättigung erhalten hat.

Von der Vertheilung der Elektricität in Leitern die unter einem elektrischen Einflusse von aussen stehen.

§. 293.

Man denke sich unter A^{a}————^{b}B einen isolirten Leiter von cylindrischer Gestalt, wenigstens einen Fuß lang, an den Enden wohl abgerundet, und bey A und B mit kleinen Pendelelektrometern a und b versehen.

Wir wollen annehmen, es sey dem Leiter + e mitgetheilet worden, vermöge welcher die beiden Elektrometer gleich stark divergiren. Nun nähere man das eine Ende A des isolirten Leiters einem positiv elektrisirten Körper z. B. dem ersten Leiter einer Maschine. So wie A in den Wirkungskreiß des ersten Leiters tritt, wird das Elektrome-

ter a anfangen zu sinken, das b weiter zu steigen, und wenn a ganz herabgesunken ist, so wird b die doppelte Divergenz zeigen. Entfernt man AB wieder von dem ersten Leiter, so kommen beide Elektrometer a und b wieder auf ihren vorigen gleichen Stand zurück. Letzteres beweiset, daß der isolirte Leiter keine Elektricität durch Mittheilung empfangen hat. Das Phänomen erkläret sich wie folget: sobald A in den Wirkungskreiß des positiven Conductors tritt, wird nicht blos das freie + e des isolirten Leiters AB nach der Seite von B hingedränget, sondern auch ein Theil von seinem natürlichen — e nach A gezogen, wodurch eben so viel + e frei wird und gegen B zu tritt, aus beiden Ursachen muß das Elektrometer a sinken und das b steigen. Zieht man den isolirten Leiter wieder aus dem Wirkungskreiße des ersten Leiters heraus, so höret die ungleiche Vertheilung der E. in jenem auf, und es tritt alles in den anfänglichen Zustand zurück. Wäre der erste Leiter der Maschine negativ, oder wäre bey positivem Zustande des ersten Leiters der isolirte Leiter negativ elektrisirt worden, so würden die beschriebenen Erscheinungen ähnlich, aber in umgekehrter Ordnung erfolgt seyn, d. i. das Elektrometer a würde in dem Wirkungskreiß des ersten Leiters steigen, und das b sinken. Die Erklärung giebt sich aus der vorhergehenden von selbst.

§. 294.

Wir wollen nun annehmen, der isolirte Leiter AB befinde sich im natürlichen Zustande, und werde dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine innerhalb seines Wirkungskreises genähert. Anfänglich werden beide Elektrometer a und b schwach divergiren und zwar mit positiver Elektricität, tritt das Ende A bedeutend näher als

B zum ersten Leiter, jedoch noch ausserhalb der Funkenweite, so fängt das Elektrometer a an zu sinken, das b fähret fort zu steigen; ist a auf Null zurückgekommen, so hat b seine größte Divergenz erhalten. Bey noch stärkerer Annäherung von A pfleget gewöhnlich ein Funke von dem ersten Leiter überzuschlagen; zieht man aber den isolirten Leiter, bevor dieß geschehen, wieder aus dem Wirkungskreiße des elektrisirten Körpers heraus, so kommt alles in jenem wieder auf den natürlichen Zustand zurück. Die Erklärung dieser Erscheinung folget leicht aus dem was wir über die Wirkung der elektrisirten Körper in die Ferne im vorhergehenden Paragraphen gesaget haben. Das freie + e des ersten Leiters zieht bey gehöriger Annäherung des isolirten Leiters den natürlichen Antheil seines — e, und stösset in eben dem Maaß dessen + e zurück, dadurch wird dieses frei und wirksam nach aussen, und häufet sich in dem von dem ersten Leiter abgewendeten Ende B an, dagegen das — e nach A zu tritt, hier aber theils durch den Zug des + e vom ersten Leiter, theils durch den, welchen es noch gegen das + e im isolirten Leiter ausübt, in einem gebundnen Zustande sich befindet.

Man nennt die beschriebene elektrische Wirkung eines Körpers in die Ferne auch die elektrische Atmosphärenwirkung desselben. Man darf sich darunter kein Ausströmen oder Ausdünsten der elektrischen Flüssigkeit in die Ferne denken, sondern nur Wirkungen anziehender und abstossender Kräfte.

§. 295.

Wir wollen uns wieder den isolirten Leiter in dem natürlichen Zustande unter den Einfluß eines positiv elektrischen Körpers gestellet denken, und ihn mit der Hand

leitend berühren, die an ihm befindlichen Elektrometer werden auf Null kommen. Zieht man nun den Leiter an seinem isolirten Fuß aus dem Wirkungskreiß des positiv elektrisirten Körpers, so divergiren die Elektrometer des isolirten Leiters mit negativer Elektricität. Hätte man den isolirten Leiter in die Atmosphäre eines negativen Conductors gebracht, und übrigens eben so verfahren, so würden die Elektrometer mit positiver Elektricität divergiren. Man nennet diese Art einen Körper zu elektrisiren, die Elektrisirung durch Vertheilung, die hierdurch erregte Elektricität ist stets die entgegengesetzte des Körpers, welcher sie hervorgebracht hat. Denn da durch die Wirkung des elektrisirten Körpers in die Ferne die gleichartige E. abgestoßen, die ungleichartige gezogen wird, so muß letztere sich in dem Leiter während seiner Berührung mit der Hand anhäufen, indessen die erstere zur Erde entweicht. Die Anhäufung der entgegengesetzten Elektricität in dem Leiter wird nicht erkannt, so lange derselbe unter dem Einflusse des elektrisirten Körpers steht; da die Kraft, welche die E. herbeyzog, sie auch fest zu halten vermag, oder, wie man es nennt, bindet. Erst nachdem der Leiter jenem Einflusse entzogen worden ist, äussert sich die in ihm angehäufte Elektricität frei und wirksam.

§. 296.

So wie durch einen elektrisirten Körper der elektrische Zustand der umgebenden Körper modificiret wird, so auch umgekehret jener durch diese. Man nehme einen ebenen am Rande wohl abgerundeten metallischen Teller, befestige in seiner Mitte einen nicht zu kurzen gut isolirenden gläsernen Stiel, als Handhabe, setze auf den Teller ein kleines Elektrometer und theile dem Teller aus irgend einer

Quelle freie Elektricität mit, wodurch das Elektrometer divergire. Nähert man in diesem Zustande den Teller dem Tische, oder einer Marmorplatte, oder irgend einem ebenen trocknen Halbleiter, so wird das Elektrometer sinken, wie man den Teller dem Halbleiter nähert, und bey der Berührung desselben zu Null herab kommen. Hebt man den Teller an der isolirenden Handhabe schnell wieder in die Höhe, so kommt das Elektrometer, wenn die Luft zur Zeit des Versuchs gut isolirend war, fast ganz auf seinen anfänglichen Stand zurück. Indem man den Teller dem Halbleiter nähert, zieht die freie Elektricität des Tellers von dem natürlichen Antheil des Halbleiters die entgegengesetzte E. und stösset die gleichartige ab, geht aber dadurch selbst in den Zustand der gebundnen E. über.

Bey diesem Versuche müssen alle Staubtheilchen, die als feine Spitzen zum Ausströmen der E. Gelegenheit geben, sorgfältig weggeschaffet werden.

§. 297.

Nachdem wir nun die Gesetze der elektrischen Vertheilung und des wechselseitigen Einflusses derselben in Körpern kennen gelernt haben, wird es nicht schwer fallen, die Wirkungen des Condensators, des Elektrophors und der Verstärkungsflasche auf eben diese Gesetze zurzückzuführen.

Wir machen den Anfang mit der Betrachtung des Condensators.

Es bezeichne A Fig. 215 eine Marmorplatte, oder einen ähnlichen Halbleiter, den man mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt hat, auf derselben ruhe der mit der isolirenden Handhabe C versehene metallene Deckel B. Hält man nun eine Zeit lang einen Körper D, worin schwache Spuhren einer freien Elektricität enthalten sind,

mit B in Berührung und entfernt darauf den Teller an seiner isolirenden Handhabe von der Basis A, und führt ihn schnell an ein empfindliches Elektrometer, so wird man dieß bedeutend divergiren sehen. Während der Leiter B auf der Basis A ruhet, wird seine Capacität oder Empfänglichkeit freie E. aus irgend einer Quelle aufzunehmen sehr vermehret, denn indem aus der Quelle D etwas freie E. in B einströmt, wird sie durch die Vertheilung die sie in A bewirkt als bald gebunden, wodurch B geneigt wird wieder neue E. aufzunehmen, und so geht es fort bis die Spannkraft der freien E. in D so weit geschwächt ist, daß sie der Spannkraft der gebundenen, aber verdichteten E. in B gleich kommt. Entfernt man nun den Deckel isoliret von der Basis, so wird alle in ihm gebundne E. frei, und muß sonach in verstärktem Grade auf das Elektrometer wirken.

Dieser von Volta entdeckte condensatorische Apparat bietet uns die Mittel dar, die geringsten Spuhren elektrischer Spannungen zu entdecken. Es ist vortheilhaft mehrere Condensatoren von verschiedner Größe von 2 bis 8 Zoll im Durchmesser in Bereitschaft zu haben, um bey elektrischen Körpern von kleinem Umfang auch kleine Condensatoren anwenden zu können, weil die Spannung der E. in dem aufgehobenen Condensatordeckel, bey gleicher Menge, desto geringer ausfället, je größer die Oberfläche des Condensators ist. Sehr bequem ist es den Condensator mit einem empfindlichen Elektrometer unmittelbar zu verbinden. Dieß kann leicht auf folgende Art geschehen, man gebe dem Condensatordeckel B Fig. 215 gleichen Durchmesser mit der metallenen Deckplatte ab des Elektrometers Fig. 212 I. überziehe beide, an den Flächen, wo sie sich berühren, mit einer sehr dünn und glatt geschliffnen Schichte eines nicht leitenden Harzfirnisses. Setzt man nun den Condensatordeckel B auf die Platte ab des Elektrometers, berühret jenen mit dem Finger, diese mit dem Körper D, dessen E. man untersuchen will, eine Zeit lang, hebt dann, beide Berührungen unterbrechend, den Deckel B, welcher hier die

Stelle der Basis vertretten hat, an der isolirenden Handhabe auf, so werden die Blättchen ii durch ihre Divergenz die Elektricität von D angeben. Berühret man dagegen den Deckel B mit dem elektrisirten Körper und die Platte ab mit dem Finger, so zeiget nach aufgehobenem Deckel das Elektrometer die entgegengesetzte E. von dem Körper D.

Von dem Elektrophor.

§. 298.

Man nehme einen flachen Teller ab Fig. 216 von Metall mit einem einige Linien in die Höhe stehenden wohl abgerundeten Rande, oder in dessen Ermangelung eine trockne glatte hölzerne Scheibe, deren obere Seite man mit Stanniol belegt, und um welche man einen metallenen Ring mit etwas vorstehendem Rande legt. Man giesse auf die so zubereitete Unterlage, indem man sie vorher mit einer Senkwage horizontal gestellet hat, eine Schichte geschmolzenen Harzes, gleichförmig dick und mit ebener Oberfläche auf. (Eine Mischung von 2 Theilen Harz, 1 Theil Colophonium und ein ½ Theil Therpentin mit etwas Kienruß vermischt, ist gut. Man muß das geschmolzene Harz nicht heiß aufgießen, und die Unterlage vorher erwärmen, um die aufsteigenden Luft- und Dunstbläschen zu vermeiden, welche die Oberfläche des erstarrenden Harzes leicht rauh machen.) Nun bereite man einen metallenen Deckel ef von etwas kleinerem Durchmesser, als der Harzkuchen, mit einer isolirenden Handhabe gh wie den Deckel eines Condensators, so hat man die wesentlichen Stücke des Elektrophors. Der Gebrauch desselben ist folgender. Man gebe der Oberfläche des Harzkuchens (Harzschichte) durch Reiben mit Pelz, Wolle oder dergl. negative Elektricität, setze den Deckel darauf, be-

rühre ihn leitend mit dem Finger, und hebe ihn dann an der isolirenden Handhabe schnell in die Höhe, so kann man einen positiven Funken aus ihm locken, und dieß sehr oft und lange wiederholen; bey recht trockner Luft, Wochen lange. Daher der Name Elektricitätsträger (Elektrophor). Der Vorgang der Erscheinung erkläret sich wie folgt. Wir wollen uns ein Elektrometer mit dem Deckel leitend verbunden denken. Wenn man den Deckel, bey der isolirenden Handhabe fassend, allmählich dem geriebenen Harzkuchen bis zur Berührung nähert, so wird man das Elektrometer mit negativer Elektricität divergiren sehen, vermöge der Atmosphärenwirkung des negativ elektrisirten Harzkuchens (§. 293). Berühret man den Deckel mit dem Finger leitend, so fliesset die negative E. ab und positive zu, welche aber durch den Zug der entgegengesetzten E. des Harzkuchens gebunden wird, daher das Elektrometer auf Null herabsinkt. Hebt man nun den Deckel isoliret in die Höhe, so wird seine gebundne positive E. frei, und äussert sich als solche in dem Elektrometer und durch den Funken (§. 294).

Theilet man dem Harzkuchen aus dem ersten Leiter einer Maschine positive Elektricität mit, und verfähret übrigens wie oben beschrieben, so zeiget der aufgehobene Deckel des Elektrophors negative E. durch Vertheilung. Die Stärke des Elektrophors fället desto größer aus, eine je größere Oberfläche man ihm giebt. Lichtenberg in Göttingen hatte Elektrophore von 5 und mehr Fuße im Durchmesser gebauet, woraus er Funken, wie aus sehr starken Elektrisirmaschinen zog. So große Elektrophore sind indessen unbequem zu handhaben. Man bedienet sich jetzt des Elektrophors nur da, wo man einen Vorrath nicht sehr starker El. längere Zeit erhalten will. Die Dauer der Elektricität in dem Elektrophor erkläret sich daraus, weil der Deckel blos durch Vertheilung elektrisiret wird, wodurch sich die elektrische Kraft des Harzkuchens nicht erschöpft. — Berühret man den Deckel beym Aufheben mit dem

Gelenke eines Fingers, während man mit einem andern Finger derselben Hand die Basis, oder deren Rand bey a oder b anhaltend berühret, so erhält man einen stärkern Funken die Gelenke der Finger erschütternd. Die El. auf der obern Fläche des Harzkuchens bringt nämlich durch Vertheilung auf der untern Fläche die entgegengesetzte hervor, und diese wirkt ebenfalls auf die Basis a b, wie die obere auf den Deckel e f, daher beide einander entgegengesetzte Elektricitäten, durch ihr Streben nach Gleichgewicht den Funken verstärken. Diese Bemerkung führet uns zur Verstärkungsflasche.

Von der verstärkten Elektricität.

§. 299.

Die einfachste Art den berühmten leidner Versuch mit der verstärkten Elektricität darzustellen, erläutert Fig. 217. AA ist eine dünne gut isolirende Glastafel, auf beiden Seiten BB, DD mit Stanniol belegt, jedoch so, daß rund herum bey AA ein etliche Zolle breiter Rand unbelegt bleibt. Wir wollen uns die Glastafel auf einem isolirenden Fußgestelle ruhend denken. Die vordere Belegung BB sey mit dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine, die hintere DD mit dem Boden leitend verbunden. Stehen die Kugeln C und E in kleinen Entfernungen von den Belegungen ab, so sieht man beym Umdrehen der Maschine Funken von C nach BB, und von DD nach E schlagen. Die Funken nehmen an Stärke ab, und hören, je nach der Wirksamkeit der Maschine, früher oder später ganz auf. Jetzt ist die Platte mit verstärkter Elektricität geladen. Entfernt man die beiden Leiter, berühret die hintere Belegung mit dem Finger der einen Hand, und bringt einen Finger der andern Hand der vordern Belegung nahe genug, so springt ein heftiger Funke hervor, welcher mit einer Erschütterung durch die Arme und

Brust empfunden wird, und die Platte ist nun wieder entladen. Der Nervenschlag fället desto stärker aus, je größer die belegte Oberfläche der Platte war.

Um besser zu übersehen, in welchem Zustande sich die geladne Platte befindet, wollen wir dieselbe auf ihrem isolirenden Gestelle von beiden Leitern entfernen, und mit jeder Belegung ein Elektrometer verbinden, so wird das an der vordern Belegung BB positive Elektricität, das an der hintern DD negative Elektricität zeigen. Berühret man eine Belegung allein, so erhält man einen kleinen stechenden Funken, das Elektrometer dieser Belegung sinkt herab, und das der entgegengesetzten steiget mehr an. Berühret man so abwechselnd bald die eine, bald die andere Belegung, so kann man die Platte nach und nach, und ohne Erschütterung entladen. Dieß beweiset, daß die beiden belegten Seiten der Glasplatte die entgegengesetzten Electricitäten in einem verdichteten, aber gebundenen Zustande, enthalten, und der Vorgang bey dem Laden erkläret sich auf folgende Weise. Indem ein positiver Funke aus dem ersten Leiter in die Belegung BB überströmet, verbreitet er sich durch dieselbe auf der Oberfläche des Nichtleiters, und wird hier gebunden, indem er vertheilend auf die natürliche Elektricität der Glasplatte, anziehend die — e, abstossend die + e, wirkt. Hierdurch wird die hintere Belegung DD genöthiget + e an den Boden abzugeben, und dagegen — e aufzunehmen, welches sich auf der hintern Seite der Glastafel verbreitet, und durch seinen Zug gegen das + e der vordern Seite bindet. So wird der freien positiven Elektricität des ersten Leiters Gelegenheit gegeben, aufs neue in die vordere Belegung BB einzuströmen, und diesem neu eingeströmten Antheil ergeht es eben so, wie dem erstern, d. i. er bringt her-

vor und erleidet dieselben Modificationen auf den entgegengesetzten Seiten der Glasplatte. Dieß geht so fort, bis endlich die Spannkraft der Elektricität auf der positiven Seite der Platte mit der Spannkraft des ersten Leiters der Maschine in das Gleichgewicht kommt. Daß dieß wirklich eintretten müsse, lehrt nicht blos die Erfahrung, sondern es folget auch aus der Theorie, weil die Spannkraft der Maschine auf die ihr um die Dicke des Glases näher liegende Belegung stärker wirkt, als auf die fernere; daher das — e der letztern nicht alles + e der erstern binden kann. Macht man eine leitende Verbindung zwischen beiden Belegungen, so erfolgt die Entladung plötzlich, durch das Streben der entgegengesetzten Elektricitäten nach Einigung und Gleichgewicht.

Bey einer sehr stark geladnen Platte von großer belegter Oberfläche ist indessen das elektrische Gleichgewicht durch die Entladung nicht vollständig hergestellet, sondern jener Ueberschuß der positiven Seite bringt durch seine vertheilende Kraft wieder eine neue, obwohl schwächere Ladung hervor, welche man das residuum genannt hat. Ist die nicht leitende Glasplatte sehr dünne, und die Wirkung der Maschine stark, so geschieht es bisweilen, bey schneller Ladung, daß die positive Elektricität der einen Seite sich mit Durchbohrung des Glases einen Weg zur negativen der andern Seite bahnet. Eine solche Platte kann dann nicht ferner geladen werden. Stellet man zwei oder auch mehrere auf die beschriebene Weise zugerichtete Glastafeln, parallel auf isolirenden Gestellen hinter einder, verbindet darauf jede hintere Belegung der vorhergehenden Platte mit der vordern der folgenden, und die hintere Belegung der letzten Platte leitend mit dem Boden, so laden sich alle Platten zu gleicher Zeit, indem man die erste ladet, jedoch in abnehmender Stärke.

Da die Aufstellung mehrerer Platten etwas unbequem ist, so bedienet man sich gewöhnlich, statt derselben belegter Glasflaschen. Siehe Fig. 218. Sie sind am besten ganz cylindrisch oben offen, nur mit Deckeln von wohl getrocknetem und gefirnißtem Holz geschlossen, durch diese gehen metallne

mit Kugeln a b versehene Dräthe bis zu [illegible] herab. Die äußere [illegible] der innern Belegung [illegible] bis d und e. Will man mehrere Flaschen zugleich laden, so verbindet man die zu den innern Belegungen führenden Dräthe durch einen Zwischenleiter c, und die äußern Belegungen dadurch, daß man alle Flaschen auf ein mit Stanniol überzogenes Brett neben einander setzt. Verbindet man hierauf den zur innern Belegung führenden Leiter mit der Maschine, die äußere Belegung mit dem Boden, oder dem negativen Conductor der Maschine, so laden sich alle Flaschen, deren Vereinigung man eine elektrische Batterie nennt, zugleich, und lassen sich auch zugleich auf die schon beschriebene Weise entladen.

Um den Schlag nicht durch den Körper zu erhalten, so dienet man sich verschiedner Auslader.

a c b Fig. 219 sind zwei mit Knöpfen versehne Dräthe, welche bey c in einem Scharnier beweglich sind, und bey d durch eine isolirende Handhabe gehalten werden können. Will man eine Flasche entladen, so bringt man b mit der äußern Belegung in Berührung, und nähert den Knopf a, der Kugel die mit der innern Belegung in Verbindung steht, bis zur Schlagweite. Ist die elektrische Ladung nicht allzu stark, so kann man selbst die Dräthe a c, a b des Ausladers mit den Händen anfassen, ohne etwas von dem Schlag zu empfinden, wegen der vorzüglich leitenden Kraft der Metalle. Sicherer fasset man den Auslader bey der isolirenden Handhabe. Um den elektrischen Schlag mit Bequemlichkeit durch verschiedne Körper führen zu können, dienet der sogenannte allgemeine Auslader Fig. 220. f a, e b sind zwei isolirte mit Knöpfen oder auch Spitzen versehene Dräthe (die Spitzen sind innerhalb der Knöpfe angebracht, und kommen zum Vorschein, wenn man die Knöpfe abschraubt). Die Dräthe sind auf Glassäulchen isoliret, und bey m und n verschiebbar, und auf und nieder beweglich. Unter den Dräthen befindet sich ein isolirtes Tischchen h d, auf das man den Körper, durch welchen man den Schlag leiten will, zwischen a b stellet. Darauf bringt man das Ende e mit der äussern, das entgegenstehende f mit der innern Belegung in Verbindung.

Wir wenden uns nun zu den Wirkungen, welche man durch die künstlich erregte und verstärkte Elektricität hervorgebracht hat.

Wirkungen der Elektricität.

§. 300.

Die Wirkungen der Elektricität äussern sich in der Regel nur bey dem Uebergang von einem Körper zu dem andern, und zwar desto stärker, je mehr Widerstand die übergehende Elektricität findet. Die Wirkungen der El. sind nervenreitzend auf belebte Körper, bey großer Stärke lähmend und selbst tödlich. Auf die übrigen Körper wirkt die Elektricität theils mechanisch, theils chemisch. Die Anwendung des elektrischen Nervenreitzes zur Hebung mancher Krankheiten müssen wir als unserm Zweck fremd übergehen.

Die sogenannten mechanischen Wirkungen der E. lassen sich leicht durch folgende Versuche nachweisen.

Man stelle zwischen die beiden Knöpfe oder Spitzen a b des allgemeinen Ausladers eine dünne Glastafel, oder ein Stückchen trocknen Holzes (1 Zoll lang $1/2$ Zoll dick) und lasse den Schlag aus einer stark geladenen Flasche durchgehen. Das Glas wird da, wo es der elektrische Funke durchbohret hat, eine kleine kreißrunde Oeffnung zeigen, und rund um ganz zermalmt erscheinen. Das Stückchen Holz zerspaltet in zwei oder mehrere Stücke, indem es, der elektrische Funke durchdringt. Ganz ähnliche Wirkung bringt der Blitz im Großen hervor, wenn sich seinem Wege Holz oder Mauerwerk entgegensetzet.

Man nehme eine etwa 6 Zoll lange $1/2$ — 1 Zoll weite starke Glasröhre, verschliesse sie an beiden Enden fest mit Propfen, stecke durch jeden Propfen einen Metalldrath, welcher in der Mitte der Glasröhre $1/4$ Zoll weit von einander abstehet, überdieß befestige man in einem der Propfen eine ∽ förmig gekrümmte Glasröhre, welche mit ihrem äussern Ende in eine Schaale mit Wasser reicht, und lasse nach dieser Zurüstung den elektrischen Funken von einem Drath zum andern überschlagen. Die ausdehnende Kraft des elektrischen Funkens treibt einen Antheil Luft zur Röhre hinaus, und dagegen tritt Wasser durch den Druck der Atmosphäre hinein. Wählet man statt der weiten Glasröhre eine enge nur einige Linien weite,

die man ganz mit Wasser gefüllet, und fest an beiden Enden verpropft hat, und lässet vermittelst zweier Metalldräthe einen elektrischen Schlag durch das Wasser gehen, so wird meistens die Glasröhre zerschmettert. Viele andere ähnliche Versuche der Art beschreibt Singer in seiner Elektricitätslehre, auf die wir hier der Kürze wegen verweisen.

Beyspiele von der Wärme und Licht erregenden Kraft der Elektricität geben folgende Versuche. Man lasse nicht allzu starke elektrische Funken wiederholet über die Kugel eines empfindlichen Thermometers schlagen, und man wird die Quecksilbersäule ansteigen sehen.

Man lasse den Funken aus dem Conductor einer kräftig wirkenden Elektrisirmaschine, auf eine Schaale mit etwas erwärmtem Weingeist schlagen, indessen man die Schaale leitend mit dem Finger berühret, so wird sich der Weingeist entzünden. Noch leichter entzündet sich durch den geringsten elektrischen Funken das Knallgas in der elektrischen Pistole.

Um Feuerschwamm, Schiespulver und andere leicht Feuer fangende Körper durch den elektrischen Funken zu zünden, ist es dienlich, indem man diese Körper zwischen die Dräthe des allgemeinen Ausladers bringt, die zur innern Belegung führende metallische Leitung durch einen einige Zolle langen naß gemachten Faden zu unterbrechen, übrigens aber den Schlag aus einer recht stark geladnen Flasche zu nehmen. Der feuchte Leiter bietet dem Durchgang der elektrischen Flüssigkeit mehr Schwierigkeiten dar, und giebt dadurch Gelegenheit zu einer stärkern Wärmeentbindung; auch verhindert er die Heftigkeit der Explosion, wodurch die frei liegenden Pulverkörnchen leicht zerstreuet werden. In Patronen eingeschlossenes Schießpulver, besonders wenn es mit etwas Eisenfeile gemengt ist, wird viel leichter durch den elektrischen Funken entzündet.

Ob die Licht- und Wärmeerscheinungen des elektrischen Funkens, durch die Vereinigung der entgegengesetzten Electricitäten an sich oder nur durch die damit verbundne starke Compression der Luft hervorgebracht werden, ist noch nicht mit völliger Gewißheit ausgemacht. Unsrer Ueberzeugung nach wirkt beides zusammen. Dafür sprechen besonders die elektrischen Lichterscheinungen im luftleeren Raume.

Man kitte in die obere Oeffnung einer Glasglocke einen Drath ein, der sich in der Mitte der Glocke in eine Kugel endiget, der untere Rand der Glocke sey eben abgeschliffen auf den Teller der Luftpumpe passend. Evacuiret man die Glocke

von Luft bis zu einigen Linien des Elasticitätsmessers; setzt darauf das obere Ende des Drathes mit dem Conductor der Elektrisirmaschine, den Teller der Luftpumpe leitend mit dem Boden, in Verbindung und elektrisiret, so strömt ein purpurfarbiges Licht rund um von der Kugel nach den Wänden der Glasglocke, und nach dem Teller der Luftpumpe. Unterbricht man die Verbindung zwischen dem Drath und dem Conductor, damit bey dem Umdrehen der Maschine einzelne Funken auf den Drath schlagen, so erscheinet auch der farbige Lichtstrom im Innern der Glasglocke unterbrochen, aber bey jedem Funken desto lebhafter.

Man richte eine Glasröhre wie Fig. 123 hieB zu, schmelze in die obere Oeffnung bey h einen feinen Platinadrath hermetisch ein, fülle darauf den Schenkel der Röhre hi mit Quecksilber und koche dasselbe wie in einem Barometer aus. Schraubt man diesen Apparat, wie es die Figur andeutet, auf die Luftpumpe und evacuiret, so bildet sich in der Röhre hi, indem das Quecksilber aus derselben in den Cylinder e ansteigt, die vollkommenste toricellische Leere. Lässet man darauf elektrische Funken auf den Drath bey h schlagen, oder setzt diesen unmittelbar mit dem ersten Conductor in Verbindung, so strömt ein hellgrünes Licht durch die toricellische Leere, von h bis i, so wie ein purpurfarbiges durch die Leere der Luftpumpe von e bis B. Es ist nicht wahrscheinlich, daß ein so ausserordentlich dünner Körper, wie die Quecksilberdämpfe in dem vollkommensten toricellischen Vacuum, so viel Widerstand leiste, um die Lichterscheinungen zu bewirken, wohl aber müssen wir ihm die Modificationen des farbigen Lichts zuschreiben.

Man nehme eine Stahlnadel NS Fig. 221 und lege sie so zwischen die Windungen eines mit Seide übersponnenen Clavierdrathes, daß ab über der Stahlnadel cd unter derselben de wieder darüber ef darunter u. s. w. herlaufe. Lässet man darauf den Funken einer stark geladenen Flasche von a nach y durch den Drath gehen, so wird die Stahlnadel magnetisiret, und zwar bey N der Nordpol, bey S der Südpol seyn. Hätte man den positiven Funken von y nach a durch den Drath schlagen lassen, so würden die magnetischen Pole in umgekehrter Ordnung liegen. Wir werden auf diesen von Arrago entdeckten merkwürdigen Versuch zurückkommen, wenn wir unten von dem Elektromagnetismus reden.

Unter den chemischen Wirkungen, welche die Elektricität hervorbringt, ist die ausserordentliche Kraft, mit welcher ein

starker elektrischer Funke die Metalle zu schmelzen und oxydiren vermag, eine der merkwürdigsten. Man klebe auf eine Glastafel einen schmahlen Streifen Blattgold, Blattsilber, Kupfer, Zinn u. s. w. bringe einen solchen Streifen zwischen die Knöpfe des allgemeinen Ausladers und lasse einen starken elektrischen Schlag durchfahren, so ist in demselben Moment das Metallblättchen eingeschmolzen, theils oxydiret und als Rauch zerstiebet. Ist die Maschine stark und kräftig wirkend, um eine elektrische Batterie von 12 und mehr Quadratfußen Belegung damit laden zu können, so lassen sich nicht blos dünne Metallblättchen, sondern auch Clavierdräthe von mehreren Zollen Länge schmelzen und oxydiren.

Die Kraft der Maschinenelektricität chemische Zersetzungen hervorzubringen, lässet sich nach Wollaston am leichtesten durch folgenden Versuch darthun. Man schmelze in zwei Glasröhren zwei feine Platinadräthe ein, schneide und schleife die Dräthe aussen an dem zugeschmolzenen Ende der Glasröhren dermaßen ab, daß nur ein metallischer Punct die Verbindung nach außen ausmacht. Den innern Theil der Platinadräthe setze man mit dicken Dräthen, in eine gute leitende Verbindung. Nun stelle man die beiden Glasröhren in ein Gefäß mit Wasser, so daß die beiden Platinaspitzen gegen einander gekehret einige Linien von einander abstehen, und lasse elektrische Funken von einer zur andern überschlagen. Hierdurch entsteht eine Wasserzersetzung; an der positiven Spitze kommt Sauerstoffgas, an der negativen Spitze Wasserstoffgas zum Vorschein. Wir werden diesen und andere ähnliche Versuche auf eine vollständigere und leichtere Art durch die voltaische Säule dargestellet sehen.

Von den Gewitterableitern.

§. 301.

Die große Aehnlichkeit, welche man zwischen den Wirkungen des Blitzes und dem künstlich verstärkten elektrischen Funken entdecket hat, mußte bald auf die Vermuthung leiten, daß beiden Wirkungen einerlei Ursache zum Grunde liege, welche Vermuthung durch Franklin's und andern

Naturforscher Beobachtungen, die die Elektricität der Luft und der Gewitterwolke durch isolirte Ableiter zur Erde führten, zur Gewißheit wurde. Dieß gab uns die wohlthätige Erfindung der Wetterableiter.

Ein Wetterableiter besteht aus zwei Haupttheilen, dem Auffänger, (Blitzfänger) und der Ableitung.

Der Auffänger besteht am beßten aus einer conisch zugespitzten eisernen Stange, welche sich über die höchsten Theile des Gebäudes wenigstens 12 Fuß, besser 20 bis 25 Fuß hoch erhebt (man rechnet nach der Erfahrung den Radius der Wirksamkeit einer Spitze ihrer doppelten Erhebung über das Gebäude gleich). Der höchste Theil des Auffängers, die eigentliche Spitze, ist auf eine Länge von 2 Fuß am beßten Kupfer und im Feuer vergoldet, der ganze untere Theil der Stange besteht aus gutem geschmiedeten Eisen, welches bey der oben angegebenen Höhe wenigstens 24 Linien Stärke haben muß. Die Auffangstange wird unten durch ein gabelförmiges Stück Eisen mittelst Schrauben oder auf andere Art so fest mit dem Gespärre des Daches verbunden, daß sie weder durch die Gewalt des Wetterstrahles noch vom Sturm herabgerissen werden könne.

Der Ableiter ist eine von dem untern Theile der Auffangstange ausgehende ununterbrochene bis in den Boden herabführende metallische Leitung. Bedienet man sich dazu, wie gewöhnlich einer Eisenstange, so soll sie wenigstens 7 bis 8 Linien im Quadrat haben. Die Ableitung läuft auf eisernen Krampen ruhend parallel über der Firste des Daches in einer Entfernung von 4 — 6 Zollen her, wo Schornsteine sind erhebt sie sich an denselben und läufet über das Gesimse derselben weg. Endlich wird die Ableitung an einer Wand des Gebäudes, (am beßten der Wetterseite) parallel in gleicher Entfernung, wie über der Firste des Daches, zum Boden herabgeführet, und wenn ein Brunnen in der Nähe ist bis unter den tiefsten Wasserspiegel desselben versenkt. In Ermangelung alles Wassers grabt man in einiger Entfernung von dem Gebäude ein 10 — 15 Fuß tiefes Loch, senkt den Ableiter mitten hinein, und umgiebt ihn mit Kohle. Die Kohle wirkt auf doppelte Art vortheilhaft, sie leitet die Elektricität und schützt das Eisen gegen den Rost. In letzterer Hinsicht ist es nöthig alle Theile des Wetterableiters, die kupferne Auffangspitze abgerechnet, mit einem guten

Dachfirst zu überziehen. Hat das Gebäude eine solche Ausdehnung, daß eine Auffangspitze nicht volle Sicherheit gewähret, so müssen mehrere in schicklichen Entfernungen von einander errichtet werden; von jeder werde eine Ableitung auf dem kürzesten Wege zum Boden geführet, und alle diese unter einander auf der Firste des Daches leitend verbunden. Befinden sich große Eisen- oder andere Metallmassen innerhalb des Gebäudes, so sollen auch diese mit dem Ableiter in Verbindung gesetzt werden.

Vorsichtsregeln bey einem Gewitter.

Befindet man sich zur Zeit eines nahen und schweren Gewitters in einem ungeschützten Gebäude, so trette man nicht in offne Fenster oder Thüren, weil der Mensch in einer freien Oeffnung den besten Leiter abgiebt; aus gleichem Grunde halte man sich von den Wänden besonders den rauchenden Kaminen eines Gebäudes entfernt in der Mitte eines geräumigen Zimmers in nicht großer Gesellschaft auf. Im Freien wandele man entweder seines Weg's gelassen fort, oder wenn man Schutz suchen will, so suche man ihn nicht dicht unter hohen Bäumen, sondern in einiger Entfernung von denselben hinter der Wetterseite.

Denjenigen unsrer Leser, welche sich näher über die Einrichtung der Wetterableiter und die darüber angestellten Erfahrungen unterrichten wollen, sind folgende Schriften zu empfehlen. J. Hemmers Anleitung Wetterableiter an allen Gattungen von Gebäuden anzulegen. Offenbach 1786. Reimarus neuere Erfahrungen vom Blitz. Hamburg 1794. Anweisung zur Errichtung der Blitzableiter in Frankreich von der Akademie der Wissenschaft approbiret im Jahr 1823 in Poggendorf's Annalen der Physik 1. B. 1824.

Von der Berührungs-Elektricität (galvanischen, voltaischen Elektricität).

§. 302.

Galvani hat zu Ende des vorigen Jahrhundert's, als er sich mit Versuchen über die Reitzbarkeit der Nerven beschäf-

zte, zufällig die Entdeckung gemacht, daß ungleichartige Metalle, wie Silber und Zinn, welche unter sich und zugleich mit Nerven und Muskeln in Berührung stehen, einen eigenthümlichen Nervenreitz erregen, welcher in den Muskeln Zuckungen, und in den verschiednen Sinnesorganen die ihnen eigenthümliche Gefühlen hervorbringt. Man bringe z. B. eine Silbermünze unter die feuchte Zungenspitze, darüber eine Zinkplatte, und setze beide in metallische Berührung, so wird man in demselben Augenblick einen sauren Geschmack auf der Zunge, und durch Consensus der Zungennerven mit den Sehenerven einen Blitz vor den Augen empfinden. Daß die wahre Ursache dieses sogenannten galvanischen Reitzes Elektricität sey, erkannte und bewieß zuerst Alexander Volta, und bereicherte zugleich diese Lehre durch die Entdeckung der von ihm benannten voltaischen Säulen. Wir wenden uns daher sogleich zu der Darstellung, wie wir sie diesem Naturforscher verdanken.

§. 303.

Man nehme eine 2 bis 3 Zoll im Durchmesser haltende kreißförmige, recht eben geschliffne Zink- und Kupferplatte, versehe jede dieser Platten auf einer Seite, nach Art eines Condensatordeckels, mit einer isolirenden Handhabe. Legt man nun beide Platten mit ihren abgeschliffenen Seitenflächen auf einander, berühret die eine derselben, z. B. die Kupferplatte ableitend mit dem Finger, hebt dann die Zinkplatte an ihrem isolirenden Handgriff auf, und führet sie zu einem empfindlichen Elektrometer, so wird man eine Spuhr positiver Elektricität gewahr werden. Berühret man die Zinkplatte, indem sie auf der Kupferplatte ruht, ableitend mit dem Finger, und führet darauf die isoliret abgehobene Kupferplatte zum Elektrometer, so zeiget

sich eine Spuhr negativer Elektricität. Viel bemerkl. werden diese schwachen elektrischen Spannkräfte, wenn sie mit Hülfe eines Condensators durch wiederholte Berührungen des Deckels, mit der isoliret aufgehobenen Metallplatte verdichtet, und dann den Condensatordeckel dem Elektrometer führet. Volta giebt von dieser Erscheinung folgende Erklärung nach der Hypothese von einer elektrischen Flüssigkeit. Wenn zwei in Hinsicht ihrer Oxydabilität verschiedne Metalle in wechselseitige Berührung kommen, so entzieht das oxydablere Metall durch eine eigenthümliche Kraft, dem minder oxidableren einen Antheil seiner natürlichen Elektricität, und wird auf seine Unkosten positiv elektrisch, indessen dieses negativ elektrisch wird. Verbindet man in diesem Zustande das negativ elektrische Metall leitend mit dem Boden, so nimmt es + E aus diesem auf und theilet dieselbe wieder mit dem positiven Metall, daher dessen elektrische Flüssigkeit an Dichte zunimmt, aber in einem gebundenen Zustande sich befindet, so lange beide Metalle in Berührung bleiben. Erst wenn man das positive Metall an seiner isolirenden Handhabe von dem negativen entfernt, kann sich dessen Elektricität als freie an dem Elektrometer äussern. Immer aber bleibt die durch blose Berührung zweier Metalle hervorgerufene Elektricität von sehr geringer Spannkraft gegen die durch Reibung erzeugte. Volta nennt die eigenthümliche Kraft der Metalle durch blose Berührung Elektricität hervorzubringen, ihre erregende Kraft, und die Metalle selbst Erreger der El. (Elektromotoren) auch Leiter der ersten Classe, dagegen Wasser, wässerigte Salzlösungen und andere Körper, welche zwar die E. fortleiten aber nicht, oder nur in einem viel geringern Grade, durch Berührung erregen, Leiter der zweiten Classe.

Im Sinne des dualistischen Systems muß man sich die
:egung der Elektricität durch die Berührung heterogener Me-
le so vorstellen. Der Zink oder das positive Metall entzieht
n Kupfer oder dem negativen Metall einen Antheil seiner
itiven E., indessen dagegen dieses jenem einen gleichen An-
:il negativer E. raubt, wodurch die beiden Metalle in den
tgegengesetzten elektrischen Zustand übergehen. Wir wollen
:r, einmahl für immer, die Bemerkung machen, daß überall,
› durch die Berührung Elektricität erregt wird, man sich im
inne des dualistischen Systems einen doppelten elektrischen
trom der beiden Elektricitäten in entgegengesetzten Richtun-
:n, statt eines einfachen elektrischen Stromes nach einer Rich-
ing denken müsse, um die Voltaische Erklärungsart (an die
ir uns der Kürze wegen in der Folge öfters halten werden)
:m dualistischen Systeme anzupassen.

Vergrößert man die Oberflächen der sich berührenden Me-
allplatten, so muß man sich die Erregung der E. in jedem
hysischen Berührungspuncte denken, daher die Mengen der
ntgegengesetzten E. in beiden Platten mit der Größe der
Oberfläche wachsen, nicht aber die Spannkräfte, wie dieß die
Erfahrung beståttiget.

Construction der elektrischen Säule.

§. 304.

Wenn man drei Metallplatten in folgender Ordnung: Kupfer, Zink, Kupfer oder Zink, Kupfer, Zink in Berührung bringt, so äussern sie nach Volta keine Zeichen von Elektricität, weil die entgegengesetzten erregenden Kräfte der gleichartigen äussern Metalle, auf das mitten inne liegende sich wechselseitig aufheben. Bringt man aber zwischen zwei Plattenpaare von Kupfer und Zink einen Leiter der zweiten Classe in folgender Ordnung: K., Z. Leiter K., Z.; so wird die positive E. des untern Zink's, und die negative E. des obern Kupfers gerade doppelt so groß, als bey einem Plattenpaare seyn. Dieß ist die wichtige Entdeckung Volta's, welche ihn auf die Construc-

tion der elektrischen Säulen führte, und der Hergang der Sache ist nach B. folgender. In jedem Plattenpaar erhält das Zink durch Erregung einen Theil E. von dem Kupfer und wird dadurch positiv, wie das Kupfer negativ. Das negative Kupfer des untern Paares wirkt, den Leiter der zweiten Classe anziehend, aber nicht erregend, auf das positive Zink des obern Plattenpaares, entzieht ihm einen Theil E. und führt denselben durch die Leitung zur untern Zinkplatte, dagegen tritt das Kupfer durch neue Erregung einen zweiten Theil an das mit ihm in Berührung befindliche Zink ab. So erhalten die beiden äussern Metallplatten einen doppelten Antheil entgegengesetzter Elektricität, die beiden innern aber, durch den Leiter der zweiten Classe getrennten, nur einen einfachen Antheil. Schichtet man eine unbestimmte Anzahl (= n) Plattenpaare mit Leitern der zweiten Classe in ähnlicher Ordnung auf einander, so werden die äussern Plattenpaare die n fache entgegengesetzte elektrische Spannung von derjenigen zeigen, welche das mittlere Plattenpaar hat, und die Stärke der elektrischen Spannung hängt von der Zahl der Plattenpaare ab. Man nennt die entgegengesetzten Enden einer elektrischen Säule ihre Pole, und zwar das Zinkende den positiven, das Kupferende den negativen Pol. Es ist in Hinsicht der Wirkungsart einer elektrischen Säule nicht gleichgültig, von welcher Beschaffenheit der zwischen die Erreger gebrachte Leiter der zweiten Classe sey. Wir wollen von den etwas später durch Zamboni entdeckten trocknen elektrischen Säulen zuerst reden, da sie die elektrischen Erscheinungen unvermengt mit den chemischen Wirkungen darstellen.

Zambonische oder trockne Säule.

Man baue zu dem Ende eine Säule in folgender Ordnung auf, Kupfer, Zink, Papier; Kupfer, Zink, Papier

u. s. w. Dieß geschieht leicht auf folgende Weise. Man leime Bögen von dem sogenannten Gold- und Silberpapier (eigentlich Kupfer- und Zinkpapier) mit den Papierseiten an einander, und nachdem der Leim trocken geworden ist, verfertige man sich daraus kleine Kreißscheibchen etwa von ½ Zoll im Durchmesser, wähle eine trockne gut isolirende Glasröhre von gleichem Durchmesser und schichte in dieselbe die Papierscheibchen (je mehr desto besser), die Kupfer- und Zinkseiten immer nach derselben Gegend gekehret über einander. Ist die Glasröhre ganz damit angefüllet, so bringe man die äusserste Kupferseite noch mit einer Zinkplatte, und die äusserste Zinkseite noch mit einer Kupferplatte, welche zugleich als Fassungen für die Glasröhre dienen können, in metallische Berührung. Die metallenen Fassungen geben die beiden Pole der isolirten Säule. — Setzt man jeden Pol mit einem Elektrometer in Verbindung, so zeigt der Kupferpol negative Elektricität, der Zinkpol eine gleich starke positive Elektricität. Nimmt man die Elektricität des einen Poles weg, so verstärkt sich die elektrische Spannkraft des andern Poles nahe um das Doppelte. Dieß ist die Folge der aufgehobenen Atmosphärenwirkung der beiden Pole auf einander. Die ganze Säule zeigt jetzt nur eine gleichartige Elektricität, und deren Spannkraft wächset von dem leitend mit der Erde verbundnen Pole zum isolirten Pole von Null an in einer arithmetischen Reihe.

Verbindet man beide Pole leitend, so kommt das Elektrometer eines jeden Poles auf Null; dieß heißet der geschlossene Zustand der Säule. Hebt man die leitende Verbindung zwischen beiden Polen wieder auf, so stellet sich die elektrische Spannkraft in jedem Pole nach einiger Zeit wieder her, desto langsamer, je trockner und unvollkomm-

ner leitend der zwischen die Erreger geschichtete Kör... Säule ist. Wird eine trockne Säule gut isoliret ...wahret, so erhält sich ihre Elektricität Monathe und ...lang in fast gleicher Stärke, und wechselt nur mit ... elektrischen und isolirenden Beschaffenheit der Luft ... Maaßen ab.

Hängt man zwischen zwei in entgegengesetzter Ordn... aufgebaueten trocknen Säulen einen leicht beweglichen Kö... auf, so spielet derselbe zwischen den entgegengesetzten P... der beiden Säulen immer hin und her, so lange die S... len in ihrem elektrischen Zustande beharren. Dieß ist d... elektrische perpetuum mobile. Auch beruht auf die... Grunde die Einrichtung des oben beschriebenen Bohnenberg... schen Elektrometers.

Da die Oxydation der auf einander geschichteten Me... plättchen in der trocknen Säule äusserst gering ist, so erne... sich die elektrische Wirkung durch Erregung stets fort, ... wohl mit langsam abnehmender Stärke.

Wir wenden uns nun zur eigentlichen voltaischen, ... der naß gebaueten Säule.

Voltaische Säule (hydroelektrische Säule).

§. 305.

Um die voltaische Säule aus Kupfer, Zink und feuch... ten Leitern mit mehr Bequemlichkeit aufbauen zu könne... treffe man folgende Einrichtung. Man löthe je eine Ku... fer- und Zinkplatte von wenigstens 2, besser 3 bis 4 Zol... im Durchmesser mit Zinn zusammen, so daß die einander berührenden Metallflächen vor der Oxydation geschützt blei... ben. Hat man sich 50, 100 oder noch mehr solcher Plat... tenpaare zugerichtet, so schneide man eben so viele Papp... scheibe oder Tuchlappen von gleicher Größe, oder auch

inige Linien kleiner als die Metallplatten zu. Nun lasse man einen Rahmen von gut getrocknetem und gefirnißtem Holz verfertigen, wie es Fig. 222 zeiget. Auf die Fußplatte des Rahmens kütte man ein paar Glasplatten A, A fest, auf welchen die Säule isoliret aufgebauet werden kann. Sobald die Zahl der Plattenpaare 50 übersteiget, ist es besser die Säule in zwei Theile zu trennen, daher die beiden Platten A, A nöthig werden. Durch den obern Theil des Rahmens gehen zwei Schrauben F, G welche durch zwei bewegliche Glasplatten Q, Q die obern Enden der Säule fest und isoliret halten. Das unterste Plattenpaar von Kupfer und Zink muß, wenn die Säule aus zwei Theilen gebauet werden soll, nicht über sondern neben einander vermittelst eines Metallstreifens gelöthet seyn. Der Aufbau geschieht dann in folgender Ordnung: rechter Hand, Kupfer, feuchter Leiter, Zink, Kupfer; linker Hand, Zink, feuchter Leiter, Kupfer, Zink. Auf die Art erhält man oben linker Hand den Zink- oder positiven Pol, rechter Hand den Kupfer- oder negativen Pol. Es ist vortheilhaft, wenn man von den beiden obern Platten zwei an dieselben gelöthete Streifen von Kupfer und Zink p′, p gegen einander hervortretten lässet. Die beiden Streifen endigen sich bey p′ p in ein paar Häkchen oder haben Vertiefungen, worin man einige Tropfen Quecksilber bringt. Diese beiden Stellen sind dann als die Pole der Säule zu betrachten, wo die entgegengesetzten elektrischen Kräfte concentriret sind. Die feuchten Leiter der Säule bestehen aus Papp- oder Tuchscheiben, welche mit säuerlichem Wasser getränkt sind. (40 — 60 Theile Wasser auf 1 Theil concentrirten Schwefel, Salpeter oder Salzsäure.) Die Salpetersäure wirkt am stärksten, oxydirt aber auch die Platten am schnellsten und lässet dann in der Wirkung

nach. Andere tränken die Scheiben mit Salz- oder Salmiakauflösung. Säuerliches Wasser möchte schon deßwegen vorzuziehen seyn, weil die dadurch bewirkte Oxydation der Platten leichter wegzunehmen ist, als bey den Salzen, die sich durch die Wirkung der Säule in ihre Bestandtheile zerlegen, und zugleich mit dem Oxyd an die Platten hängen.

Da die Wirkung einer mit feuchten Leitern aufgebauten voltaischen Saule stets desto schneller nachläßet, je kräftiger sie anfänglich wirkte, und je schneller die Oxydation der einzelnen Plattenpaare innerhalb der Säule erfolgt, so hat man auf mancherlei Mittel gedacht, den Bau der Säule so abzuändern, daß man ihn einerseits schneller vollenden, andern Theils die Reinigung der Platten leichter vornehmen könne. Hier müssen wir uns auf die Beschreibung einiger Arten einschränken, die sich als die vorzüglichern bewähret haben.

1) Der von Wollaston verbesserte Trogapparat.

Man bringe mehrere Kupferplatten Fig. 223 in die Form kkk, k′k′k′, löthe an k oben durch einen Querstreifen eine Zinkplatte z, an k′ auf dieselbe Weise ein Zinkplatte z′, und endlich an k″ die Zinkplatte z″. Die oberen Querstreifen a, b, c sind zugleich mit Stangen und Schrauben versehen, wodurch der ganze Apparat an einen Querbalken P Q befestiget werden kann, der aus getrocknetem und wohl gefirnißtem Holz bestehen mag. Nun muß man einen mit eben so viel einzelnen Zellen versehnen Trog von gebranntem Gut, oder in dessen Ermangelung von gefirnißtem und mit Harz überzogenem Holz zur Hand haben, als sich Plattenpaare an dem Querbalken P Q befinden, jedoch kommen die äusserste Zinkplatte z, und die äusserste Kupferplatte k″ jede in eine besondere Zelle, welche denn bey p und p′ die zwei entgegengesetzten Pole bilden. Füllet man nun die Zellen mit säuerlichem Wasser, und senkt alle Plattenpaare durch die isolirende Vorrichtung P Q, welche auf einem mit verschiednen Einschnitten versehenen Gestelle ruht, zugleich in die Flüssigkeit, so wird dadurch die Säule auf einmahl in Wirksamkeit gesetzt, welche eben so schnell durch Aushebung der Metallplatten unterbrochen werden kann. Da die innern Zinkplatten auf beiden Seiten dem Einfluß der Kupferplatten ausgesetzt sind, so wird dadurch die Wirkung

dieser Säule bey gleicher Oberfläche gegen die gewöhnlichen stärker. Die Vorrichtung scheinet dann besonders vortheilhaft, wenn man der einzelnen Plattenpaare nicht sehr viele, die Oberfläche derselben aber desto größer wählet.

Bemerken wir uns bey dieser Gelegenheit, daß bey den voltaischen Säulen, wie bey den trocknen Säulen die Größe der elektrischen Spannung zwar von der Menge der Plattenpaare, die chemischen Wirkungen der nassen Säulen aber vorzüglich von der Größe der Oberfläche der in Erregung gesetzten Metalle abhängt. Selbst ein einziges Plattenpaar von vielen Quadratfußen Oberflächen durch eine flüssige Säure verbunden, ist im Stande Metalle zu schmelzen und sehr starke chemische, und wie wir bald sehen werden, auch magnetische Wirkungen zu erzeugen.

2) Hare's Calorimotor oder Deflagrator (siehe Berzelius Jahresbericht 1824) ist eine in zwei Tröge vertheilte voltaische Säule, bestehend aus 250 Plattenpaaren von folgender Einrichtung. z z Fig. 224 stellet eine viereckte Zinkplatte von 7 und 3 Zoll Seite, und k k eine rund um dieselbe gebogene Kupferplatte, von oben angesehen dar. Das Zink wird von dem Kupfer durch gefirnißte Holzscheiben in der Entfernung von 1/4 Zoll fest gehalten. Die in einen Trog gehörigen Plattenpaare, werden dicht neben einander gelegt, und zwischen je zwei kommt eine in Lackfirniß getränkte dünne Pappscheibe. Erst wenn alles so zu einem Ganzen geordnet ist, wird das Zink eines jeden Paares mit dem Kupfer des folgenden verbunden. Die Verbindung von Pol zu Pol wird durch Bleidräthe bewerkstelliget, die an die letzte Kupferplatte angelöthet sind.

3) Der Becherapparat Volta's Fig. 225 ist besonders zu Versuchen im Kleinen sehr bequem. Mehrere Gläser oder Becher 1, 2, 3 werden mit verdünnter Säure gefüllet neben einander oder in einen Kreiß gestellet. Vom ersten zum 2ten Becher geht ein zusammen gelötheter Zink- Kupferstreifen, desgleichen vom 2ten zum 3ten Becher u. s. w. Dem Zink des ersten Bechers steht ein bloser Kupferdrath und dem Kupfer des letzten Bechers ein Zinkdrath gegenüber, welche einzelne Dräthe die beiden Pole der Säule bilden.

Wirkungen der voltaischen Säule.

§. 366.

Die Wirkungen der naß gebauten Säule sind beyder Art, electrische und chemische. Die electrischen Wirkungen unterscheiden sich bey der voltaischen Säule von denen bey der trocken aufgebauten Zamboni'schen Säule dadurch, daß sie viel schneller und mit größerer Stärke hervortreten. Man kann selbst die entgegengesetzten Pole einer stark wirkenden voltaischen Säule durch einen vollkommenen Leiter verbinden, ohne sie völlig ihrer Elektricität zu entladen, und nach jeder Entladung laden sie sich fast augenblicklich wieder. Dieser Unterschied gründet sich auf die vollkommnere Leitungsfähigkeit der nassen Scheiben, welche der durch die Erregung fortdauernden in den einzelnen Plattenpaaren erzeugten Elektricität gestattet, mit großer Geschwindigkeit von Pol zu Pol zu strömen. Schon eine kräftig wirkende Säule von 50 Plattenpaaren reicht hin, dünne Metallblättchen zu verbrennen. Die beste Art, dieß zu bewerkstelligen, ist folgende. Man nehme einen durch eine Glas- oder Siegellackstange isolirten blanken Metalldrath, tauche die eine Spitze in das Quecksilbertröpfchen des einen Poles, und fahre mit dem an das andere Ende des Ausladedraths geklebten Metallblättchen schnell nach dem Quecksilber des andern Poles. Die Spitze des Blättchens wird plötzlich mit Hervorbrechung einer glänzenden Flamme, welche bey dem Silber schön grün ist, verbrennen. Die Farbe der Flamme scheinet durch das glühende Oxyd des Metalles gefärbt zu werden. Durch sehr stark wirkende voltaische Säulen kann man auf die Weise mehrere Zoll lange Stücke dünnen Metalldrathes glühend schmelzen und verbrennen. Das glänzendste, für die

lungen kaum zu ertragende, Licht geben zwei Kohlenspitzen, welche man mit den entgegengesetzten Polen einer stark wirkenden Säule durch metallische Leiter verbindet, und dann einander so weit nähert, bis der elektrische Funke zwischen ihnen hervorbricht. Bey dem großen aus 2000 vierzölligen Plattenpaaren bestehenden Apparat der Royal Institution zu London mußten die Kohlenspitzen bis auf $^1/_{40}$ Zoll genähert werden, ehe sich Licht zeigte; nachdem sie aber einmahl zum lebhaften Glühen gekommen waren, konnte man sie bis auf 4 Zoll von einander entfernen, und es fuhr doch ein anhaltender Lichtstrom von einer Kohlenspitze zur andern.

Hare und Sillimann erhielten mit dem oben beschriebenen Calorimotor von 250 Plattenpaaren ähnliche starke Wirkungen auf die Kohle. Bewirkte man die Entzündung zwischen Eisen und Kohle im luftverdünneten Raume, so entzündete sich zwischen beiden ein Gasstrom, der Eisenoxyd absetzte. Fuhr der elektrische Strom von einer Kohlenspitze zur andern, so trennten sich Theilchen von der Kohlenspitze des negativen Poles, und sammelten sich an der Spitze des positiven Poles, die fortgeführten Kohlentheilchen schienen Sillimann eine wirkliche Schmelzung erlitten zu haben. (Berzelius macht hierzu die Bemerkung, daß die geschmolzenen Theilchen wohl eine graphitartige Verbindung aus Eisen und Kohle gewesen seyn möchten.) Das Ueberführen der Kohle vom negativen zum positiven Pol scheint in der elektronegativen Eigenschaft der Kohle begründet zu seyn.

Die unvollkommne Entladung einer sehr stark wirkenden voltaischen Säule bot Davy das Mittel dar, die oben von ihm angeführte verschiedne elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle zu bestimmen; denn ein Metall ist ein desto unvollkommnerer Leiter, je kleiner man seine Länge bey übrigens gleichen Dimensionen wählen muß, um eine vollständige Entladung einer elektrischen Säule zu bewirken. Hierbey fand Davy, daß das elektrische Leitungsvermögen der Metalle durch eine höhere Temperatur vermindert werde, woraus sich folgender höchst interessanter Versuch erkläret. Man entlade eine kräftige elektrische

Säule durch einen 4 — 5 Zoll langen Platinadrath, der dünne ist, daß er dadurch zum Rothglühen kommt; er... man darauf eine Stelle des Drathes durch eine Wein... flamme bis zum Weißglühen, so kommt der übrige Th... Drathes aus dem Glühen. Berühret man dagegen den ... glühenden Drath mit einem Stückchen Eis, so kommt ... übrige Theil des Drathes durch den verstärkten elektr... Strom bald bis zum Weißglühen. Je geringer die Leit... fähigkeit der Metalle ist, desto stärker werden sie von dem ... trischen Strom erhitzt. Die Ordnung der Metalle in ... Hinsicht ist nach Davy folgende: Eisen, Palladium, P... Zinn, Zink, Gold, Bley, Kupfer, Silber.

Berühret man mit den befeuchteten Fingerspitzen jeder H... die beiden Pole einer kräftigen voltaischen Säule zu gle... Zeit, so empfindet man den elektrischen Stoß durch die b... Aerme ziemlich heftig, selbst dann noch, wenn die ... Pole der Säule keine merkliche Spannung an dem Elektrom... ter zeigen. Verbindet man den einen Pol der Säule ... tend mit dem Boden, und den andern mit der innern B... gung einer großen Leidner Flasche, so wird dieselbe in ... Augenblick zu derselben Spannung geladen, als die S... hat; und wenn man darauf die Flasche mit den Händen e... lädet, so empfindet man den elektrischen Schlag oft stärk... als bey Entladung der Säule selbst.

Dieser Versuch beweiset, daß in einer kräftig wirkenden Säule, bey anscheinend geringer elektrischer Spannung, ... eine große Menge elektrischer Flüssigkeit in jedem Augenbl... entwickelt wird.

Von den chemischen Wirkungen der voltaischen Säule.

§. 307.

Die chemischen Wirkungen der voltaischen Säule gehen theils im Innern der Säule selbst, theils in dem Schließungskreiß vor, wenn derselbe unvollkommen leitend, und besonders wenn er durch feuchte Leiter unterbrochen ist. Die chemischen Wirkungen im Innern der Säule bieten,

wenn bloßes Wasser zur Benetzung der Papp- oder Tuchscheiben gewählet worden ist, folgende Erscheinungen dar. An der Kupferseite eines jeden Plattenpaares entbindet sich in Berührung mit dem feuchten Leiter Wasserstoffgas, dagegen oxydiret sich die Zinkseite des entgegengesetzten Plattenpaares, und dieß geschieht minder stark bey isolirten Polen, am stärksten wenn beide Pole durch einen metallischen Leiter verbunden werden. In diesem Falle bemerkt man, wenn die Säule kräftig wirkt, daß ein Theil des Zinkoxyds durch die feuchten Tuchscheiben zum Kupfer des entgegenstehenden Plattenpaares geführet und hier metallisch reduciret wird, manchmahl sogar als eine Messinglegirung erscheint. Setzt man eine voltaische Säule während ihrer vollen Wirksamkeit unter eine mit atmosphärischer Luft gefüllte und durch Wasser gesperrte Glasglocke, so bemerkt man eine Verschluckung von Sauerstoff, welche sich mit der abnehmenden Wirksamkeit der Säule vermindert. Ist diese noch nicht ganz erschöpfet, wenn bereits aller Sauerstoff absorbiret ist, so wird die Thätigkeit der Säule, durch Hinzulassung von Sauerstoff aufs Neue belebt, so wie auch voltaische Säulen in reinem Sauerstoffgas stärker wirken, als in atmosphärischer Luft.

Ist die Säule mit Scheiben, die durch Säuren oder Salzlösungen befeuchtet sind, aufgebauet worden, so tretten zwar im Ganzen ähnliche Erscheinungen wie die oben beschriebenen ein, nur stärker und mit dem Unterschiede, daß sich an der Zinkseite eines jeden Plattenpaares ein Salz bildet, bestehend aus Zinkoxyd und der ausgeschiednen Säure des feuchten Leiters, indessen sich auf der Kupferseite des entgegenstehenden Plattenpaares die ausgeschiedne alkalische Basis anlegte.

In dieser, je nach der kräftigern Wirkung der Säule,

in kürzerer oder längerer Zeit herbeygeführten Ver- der metallischen Oberflächen der verschiedenen Me- auch der Grund des Nachlasses der Wirkung der ve- Säule zu suchen, wie wir dieses bey der theore- Darstellung weiter entwickeln werden.

§. 308.

Die chemische Wirkung des voltaischen Schlie- kreißes ist zwar verschieden, je nachdem der Körper, chen man demselben aussätzt anderer Art ist; lässet sich im Allgemeinen auf folgendes Gesetz zurückführen. Sauerstoff und die Säuren werden von dem positiven der Säule angezogen, der Wasserstoff, die Alkalien Salzblasen abgestossen, und die Körper, welche von einen Pol der Säule angezogen werden, stösset der ent- gengesetzte Pol ab.

Versuche zur Erläuterung dieses Gesetzes sind folgende.

1) Man lasse vor der Schmelzlampe eine Glaskugel Fig. 226 mit drei cylindrischen Oeffnungen e, f, g blasen. Die einander gegenüberstehenden Oeffnungen f, e werden mit Korkpropfen, durch welche man zwei Platinadräthe dc, b gesteckt hat, verschlossen. Die dritte Oeffnung g dienet das Gefäß mit Wasser oder einer beliebigen Flüssigkeit zu füllen und das angefüllte Gefäß in eine Schaale B mit gleicher Flüssigkeit, die Oeffnung nach unten gekehret, zu stellen. Ver- bindet man die beiden Enden der Platinadräthe b, d mit den entgegengesetzten Polen einer voltaischen Säule entweder un- mittelbar oder durch gute metallische Leiter, und nähert die beiden Enden a, c der Dräthe einander so weit, bis der elek- trische Strom von Pol zu Pol durchgeht, so kann man dann die beiden Enden der Dräthe a, und c selbst als die Pole der Säule betrachten. An dem positiven Pol a wird sich Sau- erstoffgas, und an dem negativen Pole c Wasserstoffgas ent- binden. Beide Gase sammeln sich in dem obern Raume des Gefäßes A. Hat man davon eine hinreichende Menge aufge- fangen und man lässet sie in einem voltaischen Eudiometer

›uffen, so vereinigen sich die Gase wieder zu Wasser. Diese das Wasser durch die voltaische Säule zu zersetzen, entdeck- Carlisle und Nichelson.

2) Man nehme eine in Gestalt eines lateinischen V ge- .mmte Glasröhre, fülle die Röhre mit einer Flüssigkeit, tehend aus einem Absud von blauem Kohl, welcher mit et- ıs Salmiak- oder Salzauflösung vermischet worden ist, und ıche in jeden Schenkel der gekrümmten Glasröhre einen latinadrath, so daß die beiden Dräthe unten in der Flüssig- it einige Linien von einander abstehen. Setzt man die obern nden eines jeden Drath's mit den entgegengesetzten Polen ei- ›r voltaischen Säule in Verbindung, so wird man bald an ›m negativen Drath (d. i. dem mit dem negativen Pole ver- undnen) Wasserstoffgas, und an dem positiven Drath Sauer- offgas zum Vorschein kommen sehen; zugleich wird die Flüs- .gkeit um den negativen Drath durch das hier frei werdende lkali grün, und die Flüssigkeit um den positiven Drath durch die rei werdende Säure roth gefärbt werden. Vertauschet man die Pole an beiden Dräthen, so geht an jedem die Erscheinung in die ›ntgegengesetzte über, jedoch erst nach einiger Zeit nachdem die früher erzeugte Wirkung aufgehoben worden ist.

Noch auffallender zeigt sich die Kraft der voltaischen Säule, die verschiedenartigen chemischen Elementen nach ihrer elektrischen Beschaffenheit anzuziehen oder abzustossen, in folgendem Versuch von Davy. Man setze drei kleine Gläschen a b c dicht neben einander, fülle das erste a mit einer Auflösung von Glauber- oder Kochsalz an, das zweite b mit flüssigem Ammoniak (Salmiakgeist), das dritte c mit einer blauen für Säuren empfindlichen Pflanzenfarbe, verbinde darauf a mit b, so wie b mit c durch einen mit Wasser gefüllten gläsernen Heber, endlich tauche man in a und c Platinadräthe, wovon der erste mit dem negativen Pol, der andere mit dem positiven Pol einer stark wirkenden voltaischen Säule in Verbindung gesetzt werde. Durch die abstossende Kraft des negativen Poles, unterstützt durch die Anziehung des entferntern positiven Poles, wird die Säure in a durch die alkalische Flüssigkeit b hindurch zu dem positiven Drath in c geführet, und färbt hier die blaue Farbe roth.

Anmerkung. Soll dieser Versuch wohl gelingen, so muß die voltaische Säule wenigstens aus ein paar Hundert 3 — 4 zölligen Plattenpaaren, oder ihr an Wirkung gleichkommenden größern Platten von minderer Anzahl bestehen. Zur

alkalischen Flüssigkeit des mittlern Gefäßes, durch welche Säure geführet werden soll, muß man eine solche wählen, welche mit der Säure ein auflößliches Salz bildet. Der Versuch würde z. B. nicht gelingen, wenn man in das Gefäß Glaubersalz, in das Gefäß b Barytauflösung brächte, weil die schwefelsaure Schwererde ein unauflößliches Salz bildet.

3) Diese und ähnliche Versuche wie die vorbeschriebenen, welche die stark desoxydirende Kraft des negativen Pols der elektrischen Säule bewießen, führten Davy auf die Zerlegung der Alkalien in Sauerstoff und ihre metallischen Grundlagen.

Die bequemste Art diesen merkwürdigen Versuch auch mit einer voltaischen Säule von mittlerer Stärke (100 — 200 Plattenpaaren) zu wiederholen ist folgende. Man verbinde eine kleine Platinaschaale mit dem negativen Pol der Säule, lege in die Pl. Schaale ein Stückchen ausgehöhltes etwas feuchtes Kali, welches in der Aushöhlung Quecksilber enthält. Darauf verbinde man das Quecksilber durch einen Platinadrath zugleich mit dem positiven Pol der Säule. Es wird sich aus dem feuchten negativen Kali Wasserstoffgas entbinden, indessen sich das Kalium mit dem Quecksilber amalgamiret, und der aus dem feuchten Kali frei werdende Sauerstoff wird nach dem positiven Pole geführet. Bringt man das nach einiger Zeit steif gewordene Amalgama des Quecksilbers von dem negativen Pole in eine kleine Schaale mit Wasser, so oxydiret sich das Kalium im Wasser, und das Quecksilber nimmt wieder seine flüssige Gestalt an.

4) Füllet man ein Glas mit salpetersaurer Silberauflösung und bringt einen Silberdrath hinein, so bleibt er unverändert, hingegen ein Kupferdrath löset sich auf und schlägt metallisches Silber nieder; dieß ist Folge der chemischen Verwandtschaften. Nun tauche man in die Silberauflösung zwei Silberdräthe, oder zwei Kupferdräthe zugleich und verbinde den einen Drath mit dem negativen Pol, den andern mit dem positiven Pole einer voltaischen Säule. Jetzt wird sich in jedem Fall an dem negativen Drath metallisches Silber aus der Auflösung niederschlagen mit Entbindung von Wasserstoffgas, und an dem positiven Drath wird sich Auflösung zeigen, welche nach Beschaffenheit des Drathes salpetersaures Silber oder Kupfer ist. Viele andere und ähnliche Erscheinungen müssen wir der Kürze wegen übergehen, und verweise unsren Leser desfallsauf Singers Elektricitätslehre.

Erklärung der vorbeschriebenen Erscheinungen aus der Theorie der voltaischen Säule.

§. 309.

Nach Volta's Ansicht wirken die naßgebaueten Säulen wie die trocknen, nur kräftiger wegen der besseren Leitung der E., welche von einem Plattenpaare zum andern, also auch von Pol zu Pol Statt findet. Nach Volta beruht daher auch die verschiedne Wirksamkeit der nassen Säulen, je nachdem man einen andern feuchten Leiter zum Aufbauen wählet, blos auf der verschiednen Leitungsfähigkeit der nassen Schichten. Man hat auch durch Versuche nachgewiesen, daß die flüssigen Säuren bessere Leiter der E. sind als die Salzauflösungen, so wie diese wieder bessere Leiter als bloses Wasser.

Die Erschöpfung der Kraft der naß gebaueten Säulen rühret nach dieser Ansicht theils von der Austrocknung der feuchten Leiter, theils von der Oxydation der metallischen Oberflächen her, wodurch die Leitung von einem Plattenpaare zum andern, und somit durch die ganze Säule gestöret wird.

Da indessen wiederholte Erfahrungen und ins besondere Becquerel's (wie uns dünkt) mit vieler Vorsicht angestellte Versuche bewiesen haben, daß die feuchten Leiter in Berührung mit Metallen ebenfalls Elektricitätserreger, obgleich minder kräftige als die Metalle unter sich, sind: so möchten wohl die zwischen den Platten der voltaischen Säule befindlichen nassen Körper nicht blos fortleitend, sondern zugleich erregend wirken. Becquerel fand, daß die oxydableren Metalle in Berührung mit feuchten Leitern negativ elektrisch, dagegen die minder oxydablen Metalle

in Berührung mit denselben feuchten Leitern ele-
trisch werden (*).

Auf diese Erfahrungen gestützt, machen wir ...
der Wirkung der voltaischen Säule folgende Ver...
Die Ordnung des Aufbauens sey Zink, Kupfer, ...
Leiter; Zink, Kupfer ꝛc. welches wir kurz durch z' k' ...
k'' L'' bezeichnen wollen. Nach dem voltaischen Fun...
talversuch geht in jedem Plattenpaar eine entgegen...
elektrische Vertheilung vor sich, die wir mit ± e be...
nen wollen; vermöge derselben würde z' ein + e; k...
— e, und ebenso z'' ein + e, k'' ein — e erhalten. ...
die Vermittelung des feuchten Leiters strömt das + e de...
durch k' gezogen nach z', und ebenso das — e des k' ...
gezogen nach k'', somit erhält z' ein doppeltes + e, k...
doppeltes — e. Soweit erfolgt alles nach den Grun...
Volta's. Nun aber erhält k' durch die Berührung mi...
nen gewissen Antheil von positiver E., den wir mit + d ...
zeichnen wollen, überlässet aber denselben ganz oder grö...
theils durch die stärker erregende Kraft der Metalle ...
z', welches sonach 2e + d erhält. Auf gleiche Wei...
kommt z'' durch Berührung mit L ein — d und über...
es an k'', welches sonach — 2e — d erhält. Den...
wir uns n Plattenpaare und zwischen jedem ...
Wirkung, so wird das äusserste z erhalten + n ...
+ (n — 1) d, das äusserste k dagegen — n ...
— (n — 1) d. Man ersieht, daß von der erregen...
Kraft des flüssigen Leiters die Größe (n — 1) d abhän...
welche sich daher mit der Zahl der Plattenpaare der Grö...
ihrer Berührungspuncte mit dem flüssigen Leiter und de...
Beschaffenheit des letztern ändern kann; und daß überhau...
die erregende Kraft des flüssigen Leiters die erregen...

[…]st der einzelnen Metallpaare unterstützt. Die entgegen[…]zten Elektricitäten der beiden Pole binden sich wechsel[…]g, und daher kommt bey isolirter Säule bald ein ge[…]es Gleichgewicht hervor. Verbindet man beide Pole […]en durch einen vollkommnen Leiter, so strömt in dem[…]en die positive E. vom Zink- zum Kupferpol, so wie […] negative vom Kupfer- zum Zinkpole. Das dadurch her[…] geführte elektrische Gleichgewicht ist nur momentan, in[…]a es durch die erregende Kraft im Innern der Säule, […] sich die elektrischen Ströme in Beziehung auf die Pole […]ade in entgegengesetzter Richtung bilden, immer aufs […]ue gestöhret wird.

(*) Der Versuch, wodurch Becquerel den obigen Satz bewiesen […]t, ist folgender. Man nehme ein höchst empfindliches Goldblattelek[…]ometer mit Zambonischer Säule, dessen Deckplatte die Basis eines […]ondensators vertritt, setze auf dieselbe einen kupfernen Condensator[…]ckel mit isolirender Handhabe, und auf diesen ein Kupferschäälchen, […]s man mit verdünnter Säure oder Alkali gefüllt hat. Fasset man […]n eine Zinkplatte zwischen die Finger einer Hand, taucht sie in die […]lüssigkeit ohne das Kupfer zu berühren, und hält während der Zeit […]n Finger der andern Hand an die untere mit dem Elektrometer […] Verbindung stehende Platte, und hebt nach Verlauf von etwa 20 Secunden die obere Platte weg, so geht das Goldblatt zum positiven Pol; […]eigt also negative E. der untern Platte, folglich + E. der obern und […]es mit ihr in Verbindung stehenden Kupfers an.

§. 310.

Es hält nun auch nicht schwer, die chemischen Wirkungen der voltaischen Säule aus der gegebenen Theorie zu erklären, wenn wir mit Davy, Berzelius und den meisten neuern Naturforschern von dem Satz ausgehn: alle chemische Verwandtschaften beruhen auf den entgegengesetzten elektrischen Zuständen der Körper. Setzen wir ferner, der Sauerstoff und alle Säuren seyen ursprünglich negativ elektrisch, so

wie der Wasserstoff und die Basen positiv elektrisch. Be-
ten wir unsre vorige Anordnung der Säule, und den
Leiter L als aus Sauer- und Wasser-Stoff oder Säu
Basis bestehend, so wird zwischen jedem Plattenpaare die
tive Säure von dem positiven Zink, so wie die positive
von dem negativen Kupfer angezogen. Nun kommt es
an, ob die stärkeren Electricitäten der Metalle, die ent
gesetzten der chemischen Stoffe blos neutralisiren oder z
ihnen gleichartigen verwandeln; im ersten Falle bleib
fortdauernd angezogen, im dem andern Falle werde
wieder abgestoßen. So müssen wir uns vorstellen, daß
Wasserstoff von dem negativen Kupfer angezogen nich
seine positive E. verlieret, sondern auch negative erh
und abgestoßen wird, dagegen der negative Sauerstoff
dem positiven Zink blos neutralisiret wird, indem er
mit ihm zum Oxyd verbindet. Wirkt die Säule sehr
tig, so wird das Oxyd zum Theil abgestoßen und
Kupfer getrieben, wo es sich durch Verlust seines Sa
stoffs als Zink reduciret. In der neutralisirenden Wirk
der chemischen Stoffe auf die entgegengesetzt elektr
Metalle müssen wir, zugleich mit der verminderten
tungsfähigkeit, den Grund suchen, warum stark chem
wirkende voltaische Säulen ihre entgegengesetzten elektr
Spannungen viel früher als trockne Säulen verlieren. Be
trachten wir nun den elektrischen Strom einer geschlossen
Säule von Pol zu Pol nach aussen, so erstreckt sich die
entgegengesetzte elektrische Kraft viel weiter, und kann
die schwächeren elektrisch chemischen Kräfte ganz aufheben.
Daher wird z. B. eine negative Säure vom positiv elek
trischen Pole angezogen und genöthiget, sich durch das ne
gative Alkali hindurch zu ihm hin zu begeben.

Woher mag die Erneuerung an Kraft einer fast erschöpften Säule kommen, wenn man sie in eine Atmosphäre von uerstoffgas senkt? Schwerlich blos von der bessern Leitung es Gases! sondern indem es wie eine schwache Säure erre d wirkt, d. i. den positiven Strom nach dem Zinkpol hin, negativen nach dem Kupferpol hin befördert.

Woher rühret die ausserordentliche Hitze, welche starke iulen in den sie schliessenden Leitern erzeugen, wenn deren mensionen nach Verhältniß der Stärke der Säulen klein d? Ist es der blose Widerstand, welchen diese Körper dem rtströmen der elektrischen Flüssigkeit darbieten, wodurch die itze wie durch eine plötzliche mechanische Gewalt entwickelt rd? oder sind es die entgegengesetzten Electricitäten selbst, die h zu Wärme und Licht verbinden? Woher rühret der bedeunde Unterschied der Wirkungsart der Säulen nach ihrer Bau:t, so daß großplattige Säulen eine größere Hitze bey gengerer elektrischer Spannung hervorbringen? Die Beantworing dieser Frage scheint von weitern Forschungen abzuhängen. So viel ist gewiß, daß die Wirkungen der Warme des Lichts nd der Elektricität verwandter Art sind, und es geringer Moificationen bedarf, um die Wirkung einer Kraft in die andere ibergehen zu machen.

Eine nicht minder merkwürdige Verwandtschaft zwischen en Wirkungen der Elektricität und dem Magnetismus hat ıns Oersted's Entdeckung kennen gelehret. Ehe wir aber von derselben, und dem darauf sich gründenden Elektromagnetismus reden, müssen wir uns mit den früher bekannten magnetischen Kräften besonders in Beziehung auf unsern Erdkörper bekannt machen.

Zwölfter Abschnitt.

Magnetismus.

§. 311.

Es giebt mehrere natürliche Eisenerze, welche die Fähigkeit besitzen, anderes metallisches Eisen z. B. Eisenfeile anzuziehen. Diese Fähigkeit nennt man Magnetismus und jene Eisensteine die sie besitzen Magnete, auch natürliche Magnete, zum Unterschied von den durch die Kunst bereiteten. Man kann die Kraft der natürlichen Magnete auf folgende Art verstärken. Man bestreue einen natürlichen Magnet rund um mit Eisenfeile, so wird man bald diejenigen Puncte A, a finden, wo sich die meisten Eisenfeile anhängen.

Wir wollen uns eine gerade Linie Aa von einer dieser Stellen zur andern denken, sie heiße die Axe des Magnets (siehe Fig. 227). Senkrecht auf die Axe schleife man den Magneten an den Stellen A, a eben, und belege jede dieser Stellen mit einer Platte von weichem Eisen, die ein hervorragendes Stück in Gestalt eines Parallelepipedums hat, so werden die hervorstehenden Enden P und p die an-

ende Kraft in verstärktem Maaße äussern. An dieselbe man quer über einen Anker von weichem Eisen; er d durch die Kraft des Magneten festgehalten werden, unter Umständen noch angehängte Gewichte tragen nen. Die eisernen Platten heißen die Armatur des agneten, die Puncte der stärksten Anziehung a, A oder ihre Stelle vertrettenden P, p die Pole des Magneten. ingt man einen Magneten an einer lothrechten Linie CD auf, daß er sich um dieselbe frei drehen kann, so nimmt : Linie Aa, oder die ihr parallele Pp, stets eine bemmte Richtung nach der Weltgegend an, der eine Pol ist nach Norden, der andere nach Süden gewendet, jedoch verschiednen Stellen der Erde unter einem bestimmten bweichungswinkel, der in unsern Gegenden 20° von Non nach Westen zu beträget. Die Seefahrer und Geograhen heißen gewöhnlich den nach Norden gekehrten Pol des Magneten seinen Nordpol. In Beziehung auf die magneschen Pole unsrer Erde, kann man auch, weil, wie wir ogleich sehen werden, die entgegengesetzte Polen zweier Magneten sich wechselsweise anziehen, den nach Norden gekehrten Pol eines Magneten den Südpol nennen. Dieer Bezeichnungsart bedienen sich die französischen Naturforcher. Wir wollen uns an die erstere und früher eingeführte Bezeichnung der Seefahrer halten.

Denkt man sich eine verticale Ebene durch die Richtung der Are eines frei schwebenden Magneten geleget, so heißt diese Ebene der magnetische Meridian; er macht mit dem wahren Weltmeridian, den oben angegebenen Abweichungswinkel.

Von den Magnetnadeln und der Art ih[rer] Aufhängung.

§. 312.

Es ist nicht gleichgültig, auf welche Art man [den] Magneten, durch welchen man die Richtung des magne[tischen] Meridians genau bestimmen will, aufhänge, und welche [Ge]stalt man ihm gebe. Man heißt die dazu dienenden [Vor]richtungen Magnetnadeln, Compaßnadeln.

Sie werden am beßten aus Stahl verfertiget, wel[chem] man die Härte der Uhrfedern giebt, oder aus Uhr[federn] selbst, die man vor der Bearbeitung etwas anläßet (w[eich] macht) und dann wieder härtet, doch muß diese Opera[tion] nicht zu oft wiederholet werden, wenn die Nadel e[ine] starke magnetische Kraft erhalten soll. Die Gestalt d[er] Magnetnadel ist entweder nach Coulomb die eines dü[nnen] schmahlen Parallelepipedums, oder nach Kater zuge[spitzt] rautenförmig, so daß die beiden Diagonalen der Raute [in] dem Verhältniß von 2 : 5 stehen. Wie einer Nadel, we[nn] sie gehörig zubereitet worden ist, die magnetische Kraft e[r]theilet werden könne, werden wir da, wo von der Er[re]gung des Magnetismus die Rede ist, beschreiben. D[ie] beßte Art der Aufhängung für die gewöhnlichen Compa[ß]nadeln und Bussolen stellet Fig. 228 dar. Aus dem M[it]telpunkt c einer in Grade gehörig eingetheilten kreisför[mi]gen Scheibe von Messing geht eine stählerne wohlpol[irte] Spitze senkrecht in die Höhe, auf welcher die in ihrer Mitte durchbohrte Magnetnadel N S mittelst eines coni[sch] ausgebohrten und in seiner Höhlung polirten Hütchens M dermaaßen ruht, daß der Schwerpunct der Magnetnadel in dem Durchschnitt der Linien M C, S N zu liegen kommt. Um die Reibung möglichst zu vermeiden, soll die Spitze

on hartem Stahl, und das Hütchen M aus Glockenmetall, oder besser aus Achat verfertiget werden. Für Magnetnadeln, welche selten oder gar nicht von einem Ort zum andern transportiret werden sollen, dienet die Aufhängung Fig. 227. Der Faden CD muß nach der Kraft und dem Gewicht der Magnetnadel gehörig ausgewählet werden. Zu leichten kleinen und doch höchst empfindlich seyn sollenden Magnetnadeln nimmt man am beßten Fäden von einer Kreuzspinne, oder einfache Seidenfäden aus Cocons. Zu schwerern und zugleich stärker wirkenden Magnetnadeln nimmt man zur Aufhängung mehrere Fuß lange dünne Metallfäden von Platina, Silber, oder Messingdrath. Auf die Weise hängt Borda starke Magnetnadeln, die selbst ein Fernrohr, dessen Axe mit der ihrigen parallel ist, tragen, auf, um damit die tägliche und jährliche Veränderung der Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen. Die Axe des Fernrohres weiset nach einem fernen Zielpunct, dessen Lage gegen den Erdmeridian des Beobachtungsortes genau bestimmt worden ist. Aendert sich die magnetische Abweichung, so wird auch die Axe des Fernrohres von dem Zielpuncte abweichen, und die Größe der Ablenkung wird am beßten durch ein innerhalb des Fernrohres angebrachtes Mikrometer gemessen, dessen Theile in Winkelmaaß bekannt sind. Solche Compasse heißen Variationscompasse.

ADB Fig. 229 bezeichne einen unter rechten Winkeln doppelt gebogenen Rahmen von Messing, der in der lothrechten Linie durch seinen Schwerpunct an einem Faden ED drehbar aufgehangen sey. Bey AB ist der Rahmen durchbohret und träget eine wagrechte Axe, um welche eine Magnetnadel NS sich bewegt. Die Axe AB muß durch den Schwerpunct der Nadel die verlängerte Richtung ED und durch die Mitte der geraden Linie NS von Pol zu

Pol gehen. Man sieht, daß eine so aufgehängte Ma- nadel sich zugleich um eine horizontale und vertic- drehen, und dem richtenden Einflusse der Erde fre- könne. Dieser Einfluß wird sich so äußern, daß Verticalebene durch ECSN geleget, mit dem magne- Meridian zusammenfället, dabey wird der Nord- Magnetnadel N stets nach unten gekehret seyn, und Winkel, den die Richtung der Nadel SN mit der hor- talen CA macht, eine bestimmte Größe haben, welche an verschiedenen Orten der Erde veränderlich ist. nennt diesen Winkel die Neigung der Magnetnadel. che Magnetnadeln, welche sich blos um eine auf dem m- netischen Meridian senkrechte und horizontale Axe dr- können, heißen Neigungscompasse.

Der mit der vorbeschriebenen Einrichtung Fig. 229 a- stellte Versuch belehret uns, daß die mittlere Kraft, welch- Erde auf eine Magnetnadel ausübt, stets parallel mit der R- tung geht, welche eine Neigungsnadel an dem Beobachtun- annehmen würde. Es heiße die Größe dieser Kraft für e- Magnetnadel an einer bestimmte Stelle der Erde = m, d- Neigung = i, so kann man die Wirkung der Erde auf Nadel in eine horizontale Kraft = m cosin i und in e- verticale = m . Sin i, beide in dem magnetischen Meri- liegend, zerfällt denken. Der erste Theil der Kraft ist d- jenige, welcher allein auf die horizontalen Magnet-Na- wirken kann, und falls diese um einen gewissen Winkel = a von dem magnetischen Meridian abweichen, so entsteht a- jener Kraft eine die Nadel in den magnetischen Meridian z- rückführende oder richtende, = m . cosin i . Sin a. An sel- Stellen der Erdoberfläche (man nennet sie die magnetisch- Pole der Erde), wo die Neigung i = 90° ist, wird die ri- tende Kraft der horizontalen Compaßnadel = o seyn, wei- cos i = o ist, oder weil die Kraft der Erde dann perpendicular auf die Magnetnadel gerichtet ist, und daraus keine horizontale Kraft hervorgehen kann.

Den eben beschriebenen Zustand der Compaßnadel beobachtete Capitain Lyons auf seiner im Jahre 1824 unternom-

ı Reise, um durch die Repulse-Bay in das Polarmeer zu
angen, in dem nordwestlichsten Theil der Hudsons-Bay,
wes Willkommen genannt. Man kann auch durch eine
nstliche Einrichtung, der Compaßnadel an jedem Orte der
de eine solche Stellung geben, daß sie dem Einflusse der in
n Meridian richtenden Kraft der Erde entzogen ist. Man
nke sich unter SN Fig. 229 die Axe, und unter AB die Mag-
tnadel, und SN mit der Richtung des Neigungscompasses zu-
mmenfallend, dann wird AB keine drehende Kraft äussern.

Diese Stellung der Magnetnadel und jede andere beliebige
it Bequemlichkeit hervorzubringen, dienet folgende Einrichtung.
. Fig. 230 ist eine in Grade getheilte vertical gestellte Kreiß-
heibe, welche durch eine Schraube ohne Ende, oder auf an-
ere Art um ihren Mittelpunct drehbar ist, die Stellung der
Scheibe wird bey D abgelesen. In der verlängerten Richtung
des Halbmessers EF, und senkrecht auf die Ebene der Scheibe
E ist ein in Grade eingetheilter messingner Ring GH befesti-
get, aus dessen Mittelpunct geht eine Axe F perpendicular
hervor, um welche sich eine Magnetnadel ns frei drehen kann.
Die Scheibe E mit dem Ring und der Magnetnadel drehen
sich zugleich um eine verticale Axe CD, und diese Drehung
wird durch einen Zeiger GH auf der horizontalen Fußplatte
AB an einem eingetheilten Kreiße gemessen.

Wir wollen uns vorstellen der Zeiger JK stehe in dem magnetischen Meridian nach Norden gewendet und der Halbmesser EF, der Scheibe E habe dieselbe Richtung, dann dreht sich die Magnetnadel ns in einer verticalen Ebene senkrecht auf den magnetischen Meridian. Sie wird eine verticale Stellung annehmen, weil nur der verticale Theil der Erdkraft = m Sin i auf sie wirken kann. Giebt man dem Zeiger JK eine Drehung von 90° nach Westen, oder Osten, so dreht sich die Nadel in jedem Fall in der Ebene des magnetischen Meridians, und nimmt die der Neigung entsprechende Stellung an. (Mit einem von Hoß verfertigten Instrument der beschriebnen Art fand ich die Neigung in Gießen 68½° im Jahr 1822). Dreht man den Zeiger GH nach Süden und die Scheibe E so, daß der Halbmesser EF′ die Stellung der Neigung erhält, so ist dann die Magnetnadel n′s′ der richtenden Kraft beraubt. Man hat ihr den Namen der astatischen Magnetnadel gegeben. Wir verweisen die Leser, welche sich weiter darüber unterrichten wollen, auf unsern Aufsatz in Gilb. A.

[illegible] — [illegible] 1821 [illegible] Gilb. Annalen 1821. 11 St. [illegible] 1821. 1 St.

Von der Erregung des künstlichen Magnetismus.

§. 313.

Die magnetische Kraft läßt sich auf eine leichte Weise mehreren Metallen, insbesondere dem Eisen, dem Stahl, dem Nickel und Kobalt mittheilen. Weiches schmeidiges Eisen nimmt den Magnetismus leicht an, verliert ihn aber bald wieder, am besten schickt sich zur Hervorbringung eines dauernden starken Magnetismus der gehärtete Stahl. Der reine Nickel würde nicht minder zu empfehlen seyn, wenn dessen Darstellung weniger schwierig wäre. Die übrigen Metalle zeigen zwar, so wie andere Körper zuweilen Spuhren eines schwachen Magnetismus, und alle Metalle werden Magnete, so lange sie von einem elektrisch galvanischen Strom durchflossen sind; da indessen die magnetische Kraft nur den oben genannten Metallen für die Dauer mitgetheilet werden kann, so ist die Anzahl der eigentlichen magnetischen Körper bis jetzt sehr beschränkt. Die bequemste Art den Magnetismus in den oben genannten Metallen zu erregen, ist die Bestreichung mit einem andern künstlichen oder natürlichen Magnete. Man kann dabey auf verschiedne Art zu Werke gehen.

1) Magnetisirung durch den einfachen Strich.

Es sey A B Fig. 231 ein zu magnetisirender Stab von Stahl. Man setze den Nord- oder Südpol eines Magne-

, auf das eine Ende A des Stabes und streiche von A
h B mit einigem Druck in gerader Richtung hinaus.
r Stab wird hierdurch magnetisch geworden seyn, und
ar das Ende B wo man abgefahren ist den dem Pol N
tgegengesetzten, das Ende A aber den gleichnamigen Mag-
tismus erhalten haben. Würde man wieder von B nach
zurückstreichen, so würde man dadurch den vorhin er-
ugten Magnetismus wieder aufheben. Will man daher
ie erregte magnetische Kraft durch ein wiederholtes Be-
reichen verstärken, so muß man den Magnet NS in einer
olchen Entfernung über BA zurückführen, wobey kein
nagnetischer Einfluß Statt findet.

Der eben beschriebenen Art den Magnetismus durch
den einfachen Strich zu erregen, bedienet man sich am lieb-
sten bey den Magnetnadeln, weil, wenn der Körper AB
keine zu großen Dimensionen hat, die magnetische Axe
desselben parallel mit der Linie des Striches lieget und die
beiden Pole innerhalb derselben nahe an die Enden A und
B fallen.

2) Magnetisirung durch den Doppelstrich.

Man setze auf den zu magnetisirenden Stab AB
Fig. 232 zwei Magneten mit den entgegesetzten Polen,
wie es die Figur zeigt, oder einen hufeisenförmigen Mag-
neten mit seinen beiden Polen NS zugleich auf, und fahre
von A nach B und wieder zurück mehrmals hin und her;
zuletzt hebe man den Magneten mit den beiden Polen in
der Lage die er zu Anfang hatte, gerade in die Höhe weg.
Das dem Südpol S näher gelegne Ende B wird den Nord-
pol und das dem Nordpol N näher liegende A den Süd-
pol zeigen.

3) Magnetisirung durch den Strich in die Runde.

Man befestige zwei Stahlstäbe AB, CD, von glei-

chen Dimensionen in paralleller Lage durch Bögen von weichem Eisen E und F neben einander, wie es Fig. 2.. zeiget, setze darauf die beiden Polen eines hufeisenförmigen oder doppelten Magneten und streiche rund herum in einer Gegend z. B. von A nach BECDFA hin etliche mahls über die Stäbe weg, und fahre zuletzt gerade in B. hinaus weg. B wird, wenn man mit dem Nordpol zuletzt abgefahren ist, einen Südpol, C einen Nordpol, D einen Südpol, A wieder einen Nordpol zeigen. Nimmt man die Stahlstäbe aus ihrer Verbindung und legt sie mit ihren gleichnamigen Polen, das ist A mit C, B mit D fest zusammen, so verstärkt sich ihre Kraft wechselseitig, jedoch nicht ganz um das Doppelte.

Man kann so nicht blos zwei, sondern noch so viele Stäbe magnetisiren, ohne daß der Magnet womit man streicht etwas von seiner Kraft verlieret. Es ist also die Erregung des künstlichen Magnetismus kein Ueberströmen, sondern eine Art Vertheilung oder Wirkung in die Ferne, wie wir sie schon bey der Elektricität haben kennen gelernt.

Man kann auf die beschriebene Weise viele Stahlstäbe nach und nach magnetisiren. Legt man sie paarweise mit ihren gleichnamigen Polen an einander, so erhält man verstärkte magnetische Bündel oder Magazine. Ordnet man zwei solcher Bündel wie AB, CD Fig. 233 mit ihren entgegengesetzten Polen neben einander, und verbindet diese durch gerade oder krumme Anker von weichem Eisen, so kann man dadurch einen Magneten von großer Stärke erhalten.

Entgegengesetzte magnetische Kräfte.

§. 314.

Wenn man den Nordpol eines Magneten dem Südpol eines andern z. B. einer Magnetnadel nähert, so ziehen sich beide Pole einander an, in einer desto größern Entfernung, je stärker die Magnete sind. Nähert man hin-

gen die gleichnamigen Pole zweier Magnete einander, so ssen sie sich mit gleicher Kraft zurück. Die entgegengetzten Magnetismen, welche in den Polen wirken, verhalr sich also wie die entgegengesetzten Elektricitäten. Auch immt die Kraft der magnetischen Anziehung von Pol zu ol, in dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der ntfernungen ab. Lässet man daher eine kleine Magnetadel vor dem Pole eines starken Magneten schwingen, essen entgegengesetzter Pol so weit ablieget, daß er als nwirksam zu betrachten ist, so wird die Zahl der Schwinungen in dem verkehrten Verhältnisse der Entfernungen tehn, weil die Kräfte sich verkehret wie die Quadrate der Entfernungen und direct wie die Quadrate der Schwingungen verhalten.

Die Pole, welche sich wechselseitig anziehen, heißen freundschaftliche Pole, die, welche sich abstossen, feindschaftliche. Die erstern sind auch die ungleichnamigen, die andern die gleichnamigen Pole.

Wenn gleich die Pole eines Magneten als die Mittelpuncte seiner Anziehung erscheinen, so ist doch damit keineswegs gesaget, daß alle magnetische Kraft blos in den Polen vereiniget sey. Vielmehr scheinet das Gegentheil durch folgende Versuche dargethan zu werden. Man zerschneide einen größern Magneten in einzelne Theile, so wird jeder Theil seine besondern Pole, jedoch von schwächerer Kraft zeigen. Oder besser, man verfertige sich mehrere kleine Magnete von gleichen Abmessungen und Stärke, lege sie alle in einer geraden Richtung mit ihren freundschaftlichen Polen zusammen, so wird der dadurch hervorgehende größere Magnet an seinen Enden stärkere Pole haben, und die in seinem Innern liegenden entgegengesetzten Pole der einzelnen Magnete sich wechselsweise so binden, daß sie nur noch eine geringe anziehende Kraft nach aussen besitzen. Ein Versuch mit 3 kleinen Magneten aus einer dünnen Uhrfeder, jeder 7‴ lang 1½‴ breit, gab folgendes Resultat. Die Stärke der Pole der einzelnen Magnete,

[illegible] Die [illegible] etwas träger gegen die [illegible], folgten aber dem anziehenden Pole eines [illegible] Magneten. Dieser Versuch beweiset [illegible] hierbey keine völlige Uebereinstimmung zwischen den [illegible] und magnetischen Wirkungen Statt findet, wie [illegible] Behauptung der Fall seyn müßte. Man vergleiche [illegible] den oben angeführten Versuch über das Verschwinden der [illegible] Anziehungen innerhalb zweyer Halbkugeln.

der Vertheilung der magnetischen Kraft, che besonders in weichem Eisen durch andere Magneten hervorgebracht wird.

§. 315.

Man setze auf einen 10 bis 12 Zoll langen Stab wei- Eisen AB Fig. 231 den Pol eines Magneten N, des- entgegengesetzter Pol S so weit abliege, daß man ihn unwirksam halten kann. Sobald der Pol N das : Ende der Stange A berühret, oder ihm nur nahe ng kommt, zeiget dasselbe den entgegengesetzten Magne- mus, dagegen das abgewendete Ende der Stange den ichartigen Magnetismus mit dem Pol N. Es sey z. B. ein Nordpol, so wird A südpolar B nordpolar werden. .hret man mit dem Pole N langsam von A nach B, so :bt es eine Stelle x, wobey die durch die Vertheilung regten entgegengesetzten Magnetismen am stärksten werden, ırauf nehmen sie wieder ab, und es giebt eine Stelle i nan hat sie den Indifferenzpunct genannt) wo die Mag- etismen in AB verschwinden. Wenn der Pol N noch eiter bis y rückt, so gehen die Magnetismen in die ent- egengesetzten über, das ist B wird nun ein Südpol, und ein Nordpol und dieser Zustand bleibt fortdauernd der- elbe, indem N von y bis B rückt.

Jedes Stück Eisen, welches vom Magneten gezogen oird, ist so nach selbst ein Magnet, und die Anziehung esselben beruht eigentlich auf der Anziehung der freund- chaftlichen Pole. Die magnetische Vertheilung geht in dem weichen Schmiedeeisen am leichtesten von Statten, schwerer in dem Gußeisen und dem Stahle, in andern unmagneti- schen Metallen nicht, oder in unmerkbar geringerm Grade, wenn sie nicht von einem galvanischen Strome durchflossen

[illegible]

Versuche zur [illegible] und [illegible] schemes [illegible]

1. Man nehme [illegible] Stäbchen oder Drähte [illegible] dem [illegible] ab, cd, ef [illegible] des ersten Stäbchens an den [illegible] eines Magneten. [illegible] diesem [illegible], so [illegible] das Ende b [illegible] ab [illegible] cd, ed, ef an, und an jedem Stäbchen eine ähnliche magnetische Vertheilung, jedoch [illegible] Stärke [illegible], so daß zuletzt das entfernteste Ende [illegible] pol wird. Nimmt man einen Hufeisenmagneten, dessen Pole N, S neben einander liegen, und hängt an [illegible] eine Reihe der vorbeschriebenen Stäbchen, so entstehen [illegible] von dem Magneten abgewendeten Enden beider Reihen [illegible] gegengesetzte Pole n, s, die selbst wieder durch einen [illegible] g d, welcher von ihnen gehalten wird, verbunden werden. Dann saget man die magnetische Kette sey geschlossen [illegible] nun innerhalb derselben sich überall zwei freundschaftliche [illegible] berühren und sich wechselseitig binden. Nun findet fast [illegible] magnetische Anziehung nach aussen Statt; es sey denn, der ursprüngliche Magnet sehr stark wirke. Statt der [illegible] oder Stäbchen kann man sich bey diesem Versuche auch [illegible] Ringe bedienen.

2) Man halte über eine Glastafel A B Fig. 231 [illegible] Pol eines Magneten N, unter dieselbe ein paar Eisenfeil[illegible] s n, s′ n′; sie werden die in der Figur angedeutete Stellung annehmen, die Enden n, n′ werden sich unter einander [illegible] stossen, weil sie gleichartig polar mit N werden, dagegen [illegible] mit N freundschaftliche Polen s s′ nach ihm convergiren [illegible]

gen werden. Fähret man mit dem Magneten von A
B zu, so nehmen die Dräthe, indem sie dem Magneten
, die punctirte Stellung an, und fallen herunter, wenn
den Magneten abzieht.

3) Man bestreue eine Glastafel gleichförmig mit Eisenfeile
halte einen Magneten darunter. Die Eisenfeile wird sich
dem Magneten in Büschel ordnen, welche von seinem
aus divergiren. Man denke sich zur Erläuterung
234 in der umgekehrten Lage und unter s n, s'n' Büschel
Eisenfeile. Fähret man mit dem Magneten unter der
tafel von A nach B, so fallen die Büschel in der Rich-
, wie es die punctirten Linien andeuten, nieder und die
nfeile erscheinen alle nach einerlei Richtung geordnet, und
n alle nach der Seite von B hin die dem Pole N entge-
esetzten Pole. Fähret man mit dem Magneten von B nach
so kehret sich auch die Lage der Eisenfeile in die entgegen-
zte um.

4) Man lege auf einen Tisch einen Magnetstab in hori-
aler Lage, darüber eine Glastafel, welche man gleichförmig
fein gesiebter Eisenfeile bestreuet hat, klopfe dann sanft an
Tafel, um die Reibung zu vermindern, so werden sich die
enfeile über dem Magneten in krumme Linien ordnen, wie es
. 235 zeiget. Die nach den Polen N und S convergiren-
Büschel zeigen die Lage der Pole an; die krummen Linien
O S werden gegen die Mitte hin immer flächer und ver-
ndeln sich zuletzt in gerade mit der Axe des Magneten pa-
lelle Linien. Man hatte früher in diesen krummen Linien
Richtung zu erkennen geglaubt, welche nach Cartesens Ver-
llung, die von einem Pole zum entgegengesetzten strömenden
agnetischen Wirbel nähmen. Da man indessen die Gestalt
r krummen Linien aus der in dem Eisenfeilstäubchen bewirkten
agnetischen Vertheilung und der Anziehung der freundschaft-
hen Pole, so wie der Abstossung der feindschaftlichen vollstän-
g erklären kann, so gab man die Hypothese von den magne-
schen Wirbeln auf. Sie wurde indessen in den neuesten Zei-
n von Ampere, wiewohl aus andern Gründen und unter
ndern Voraussetzungen wieder hervorgezogen, wovon unten
as Weitere gesaget werden soll.

Wirkungen des Erdmagnetismus auf un- netisches Eisen und auf den Magne

§. 316.

Man stelle eine Stange von Schmiedeeisen auf, oder noch besser unter einem Winkel, welch Neigung in dem magnetischen Meridian entsprich bringe darauf eine empfindliche Magnetnadel ge untere Ende des Eisenstabes, so wird ihr Südpol zogen, und ihr Nordpol abgestoßen; an dem obern des Eisenstabes verhält es sich gerade umgekehrt. D nun dieselbe Erscheinung in einem unmagnetischen stab hervorgebracht haben würde, wenn man in der längerten Richtung des Stabes unter demselben den pol eines Magneten gehalten hätte, so muß die magn Kraft der Erde in der nördlichen Halbkugel wie der S pol eines Magneten wirken. Auf der südlichen Ha wo der Südpol des Neigungscompasses nach unten ret ist, ist auch die vertheilende Kraft der Erde, welch Magnetismus in dem Eisen erregt, gerade die entge setzte, d. i. das nach unten gekehrte Ende des Eisens südpolar, das nach oben gekehrte dagegen nordpolar den. Nun giebt es nach den Beobachtungen der Se und anderer naturkundigen Reisenden rund um die eine Linie, wo weder das nördliche noch das südliche En Neigungscompasses herunter sinkt, sondern die Magn del horizontal schwebt, man nennt diese Linie auf Erde den magnetischen Aequator. Befindet man sich gend wo innerhalb desselben, so wird die Wirkung magnetischen Kraft der Erde auf einen vertical gestellten senstab gleich Null seyn, dagegen wird sich dieselbe äußer wenn man den Stab horizontal und in den magnetischen

ridian des Ortes stellet. Um die erwähnten Gesetze er zu übersehen, wollen wir einen Blick auf Fig. 236 rfen.

Es bezeichne NP, SP die beiden Pole der Erdaxe, den magnetischen Südpol der nördlichen Halbkugel, N magnetischen Nordpol der südlichen Halbkugel (wir hmen hier die Bezeichnung der magnetischen Pole in dem 311 angezeigten Sinne). Denkt man sich von S nach N ie gerade Linie gezogen, so giebt dieß die magnetische re der Erde. Eine Ebene aus ihrer Mitte senkrecht aufrichtet, giebt durch ihren Schnitt mit der Oberfläche der rde den magnetischen Aequator A Q. Die Magnetnadel s Neigungscompasses in irgend einem Puncte Q dieser inie, wird, weil sie von N und S gleich stark gezogen irb, die horizontale Richtung n s annehmen, und in einem ach dieser Richtung gehaltnen Eisenstab wird die magnetische Vertheilung so vor sich gehen, daß n mit S, und s it N freundschaftlich polar wird. Befindet man sich in er nördlichen Halbkugel näher dem Pole S, so wird dessen berwiegende Anziehung dem Neigungscompaß die Richtung n′ s′ mittheilen, so daß der Neigungswinkel immer größer ausfället, je näher man dem Pole S kommt, doch wird er stets ein mittleres Resultat der Wirkung beider Erdpole S und N bleiben. Die magnetische Vertheilung wird in n′ s′ so vor sich gehen, daß n′ nordpolar wird. In der südlichen Hälfte von dem magnetischen Aequator an gerechnet, wo N der stärker wirkende Pol ist, verhält sich alles entgegengesetzt.

§. 318.

Fielen die magnetischen Pole der Erde mit den Polen ihrer Axe zusammen oder lägen sie nur innerhalb der Erd-

[illegible] gleich weit vom Mittelpunct, so müßte der [illegible] [illegible] Aequator mit dem Erdäquator, und die [illegible] Meridiane mit den Erdmeridianen zusammenfal[len] [illegible] der Erfahrung. Liegen die magnetischen Pole [illegible] zwar nicht an einer Axe aber doch in einem [illegible] gleichweit vom Mittelpunct, so müßten die ma[gnetischen] Meridiane, so wie der magnetische Aequator auf der [Ober]fläche der Erde größte Kreise bilden. Auch dies [scheint] nach den besten und zuverlässigsten Beobachtungen [über] die Neigung und Abweichung der Magnetnadel [nicht der] Fall zu seyn. Vielmehr scheint die magnetische [Axe] ausserhalb des Mittelpuncts der Erde zu liegen.

So wie man aus einer angenommenen Lage der [magne]tischen Pole im Innern der Erde und dem bekannten [Gesetz] der magnetischen Anziehung auf die Größe der Ab[weichung] und Neigung schließen kann, so umgekehrt von die[ser auf] jene. Mit Untersuchungen der Art haben sich unter [den Na]turforschern vorzüglich beschäftiget Halley, Euler, L[ambert,] in neuern Zeiten Biot, Steinhäuser, Mollweide, [und] Hanstein in seinem Werk über den Magnetismus der [Erde.] Denkt man sich mehrere Beobachtungen über die [Richtung] der Magnetnadel in der Nähe eines magnetischen [Pols] wie z. B. in x, y Fig. 236 angestellet, so übersieht [man] leicht, daß die Richtungen x z, y z der Magnetnadel an [die]ser Stelle in Ebenen liegen müssen, die durch die Erdhalb[messer] c x, c y und den zunächst liegenden magnetischen Pol S [be]stimmt werden, und die verlängerten Richtungen der Ma[gnet]nadel, werden sich in einem Punct z schneiden, welcher [we]nigstens nicht weit von dem Punct entfernt liegen kann, [wo] die verlängerte magnetische Axe die Oberfläche der Erde [schnei]det. Man kann daher einen solchen Convergenzpunct z [als] einen magnetischen Pol in der Oberfläche der Erde betrachten. Solcher Convergenzpuncte oder magnetischen Pole fand Hanstein durch sorgfältige Vergleichung der in hohen nördlichen und [süd]lichen Breiten angestellten Declinationsbeobachtungen 4 auf der Oberfläche der Erde, und schreibt daher wie Halley früher ge[than] hatte, der Erde zwey Magnetaxen zu. Die Lage der

ivergenzpuncte bestimmt Hansteen aus den vorhandnen
-chtungen auf folgende Weise.

	I.	I.
	N. Pol	S. Pol
Jahr 1800	266° 27′ L. 79°. 53′ N. Br.	— 134° 8′ L. 79°. 7′ S. Br.
1830	272°. 41′ — 78° 44′ —	— 131° 47 - 78°. 44′ —
	II.	II.
	N. Pol	S. Pol
für 1800	-131°. 43′ L. 85°. 25′ N. Br.	229°. 32′ L. 77°. 50′ S. B.
1830	-144°. 17′ — 85°. 6′ ——	222°. 15′ - 78°. 29′ —

Ob die Veränderungen in der Lage dieser Punkte bloße
wankungen sind, oder ganzen Umläufen zugehören, muß
Folge lehren. Unter letzterer Voraussetzung findet Han-
n folgende Umlaufszeiten.

N. P. I.	N. P. II.
1740 Jahre	860 Jahre
S. P. I.	S. P. II.
4609 Jahre	1304 Jahre.

Die Lage des N. P. I. ist durch die Polarexpeditionen
s Capitain Parry's auf das vollkommenste bestättiget worden,
dieß bey dem über dem nördlichen Sybirien liegenden Pole,
id mit den beiden in Süden liegenden Polen ebenfalls der
all seyn werde, müssen weitere Beobachtungen lehren.

Dem magnetischen Aequator weiset man folgende Richtung
i. Unter 30° östlicher Länge durchschneidet er den Erdäqua-
:r, um sich in dem Innern von Afrika, bis gegen den per-
schen Meerbusen hin 10° nördlich zu erheben, von da an
:nkt er sich mit einigen Biegungen, den indischen Ocean und
ie Inseln durchschneidend südlich wieder zum Aequator, und
urchschneidet denselben bey 190° östl. Länge, erhält aber nur
ine südl. Breite von einigen Graden, nähert sich dann wie-
ler dem Aequator, berührt ihn und zieht sich an demselben
her bey 260° östl. L.

Jetzt senkt sich der magnetische Aequator südlich herab,
durchstreicht Südamerika in seiner größten Breite und erlangt
in dem atlantischen Ocean östlich von der amerikanischen Küste
seine größte südliche Abweichung von 10°, um sich dann wie-
der der Ostküste von Afrika und dem Aequator an dem An-
fangs bemeldeten Punct zu nähern.

Man sieht hieraus, daß der magnetische Aequator zwei
Schneidungspuncte und einen Berührungspunct mit dem Erd-

äquator hat, und daß die größere Hälfte desselben in der ...lichen Halbkugel liegt.

§. 318.

Aus dem magnetischen Einflusse der Erde auf das E...sen erkläret sich die von Barlow entdeckte Erscheinung; ...es gewisse Stellungen rund um eine Magnetnadel g... worin eine Eisenmasse auf die Magnetnadel gar ...wirkt, indessen sie in andern Stellungen bald anzieh... bald abstoßend auf denselben Pol der Magnetnadel w...

Um die hierher gehörigen Erscheinungen schnel... übersehen, wollen wir uns durch den Mittelpunct e... horizontal drehbaren Magnetnadel Fig. 237 eine E... AHNBHH so geleget denken, daß ihr Winkel mit ... horizontalen Ebene ACH die Ergänzung zu der mag... schen Neigung HCN ausmache, also die Ebene senk... auf der Richtung des Neigungscompasses stehe. S... man eine eiserne Kugel in A oder irgend eine belie... Stelle der genannten Ebene, so übt sie keine Wirkung ... die Magnetnadel aus, weil die Pole n, s der beiden e... gegengesetzten magnetischen Hälften, worin die Maße ... durch den Einfluß der Erde getheilet wird, gegen ... Magnetnadel eine symmetrische Lage haben, und sich ... Hinsicht ihrer Wirkung wechselseitig vernichten. Ent... man die Masse über die Ebene AHB, so wird ihr N... pol n als der näher liegende der wirksamere, wen... man hingegen die Masse unter jene Ebene, so ist der S... pol S der stärker wirkende; in jenem Falle wird da... der Nordpol der Magnetnadel abgestoßen, in diesem an... zogen werden, wie es die Erfahrung bestättiget. Hieraus folget ferner, daß wenn man zwei Eisenmassen A, A' ... eine über jene auf der Neigung senkrechte Ebene, die ander

runter stellet, so daß ihre anziehenden und abstossenden Kräfte
ander compensiren, so wird aus beiden Eisenmassen zu-
ich keine Wirkung auf die Magnetnadel hervorgehen. Nun
eint es zwar theoretisch betrachtet an das Unmögliche
gränzen, ein System von Eisenmasse um eine Magnet-
del so zu stellen, daß deren gesammte Wirkung auf die
agnetnadel, bey jeder Drehung um die Weltgegenden
d bey jeder Ortsveränderung in geographischer Hinsicht
ets gleich Null sey. Doch hat man in England diese
ufgabe, soweit sie wenigstens für die Schärfe der Beobach-
ungen bey Schiffscompassen erforderlich ist, zum großen
Vortheil der Seefahrer glücklich gelöset.

Man bringt in einiger Entfernung unterhalb des Schiffs-
compasses eine Eisenmasse, um den Zug des auf dem Schiffe
vertheilten Eisen's zu compensiren, und verändert die Stellung
der Eisenmasse so lange, bis der Compaß bey jeder Drehung
des Schiffes um die Windrose einen unveränderlichen Parallel-
ismus mit einer auf dem festen Lande aufgestellten Bussole zeiget.

Um die Lösung dieser Aufgabe durch einen Versuch eini-
germaaßen zu erläutern stelle man das Blatt eines Meßtisches
horizontal, bezeichne durch eine Linie auf denselben den mag-
netischen Meridian, und setze über diese Linie eine empfindliche
Magnetnadel, darauf stelle man zwei Eisenmassen A, A', die
eine nordöstlich, die andere nordwestlich so auf, daß ihre entge-
gengesetzten Anziehungen auf die Magnetnadel sich wechselseitig
compensiren. Man drehe darauf das Blatt des Meßtisches
rund herum. Die Magnetnadel wird innerhalb eines Grades
unveränderlich ihren Parellelismus behalten.

Anmerkung.

Die vorerwähnten magnetischen Erscheinungen sind größtentheils bis früher bekannten. Daß zwischen ihnen und den elektrischen Erscheinungen viel Aehnliches, aber auch manches Verschiedne Statt findet, wird dem aufmerksame Leser nicht entgangen seyn. Wir wenden uns nun zu dem von Oersted entdeckten Elektromagnetismus.

Elektromagnetismus.

Verhalten des voltaischen oder galvani[schen] Stroms gegen die Magnetnadel.

§. 319.

Wenn man den elektrischen Strom, welcher den S[chlie]ssungsdrath einer voltaischen Säule oder einer [...] starken galvanischen Kette vom positiven zum [ne...] Pole durchfliesset (wir bleiben der Kürze wegen [bei der] voltaischen Ansicht stehen) über, unter oder neben ei[ner ho]rizontalen Magnetnadel, ebenfalls horizontal her[...] wirken beide der Strom und die Magnetnadel der[gestalt] auf einander, daß der Nordpol der Magnetnadel links auszuweichen sucht, wenn man sich in die [...] des elektrischen Strom's versetzt, das Gesicht nach [...] gend wo der Strom hinfliesset und zugleich nach dem [Nord]pol der Magnetnadel gewendet. Dasselbe Gesetz [fin]det Statt, wenn ein verticaler elektrischer Strom vor e[iner] vertical aufgehängten Magnetnadel vorüber fliesset. [Flies]set hingegen ein verticaler Strom vor einer horizont[alen] Magnetnadel vorüber, so sind einige Fälle zu [unter]scheiden.

1) Der Strom fliesset zwischen dem Mittelpun[kte der] Nadel und einem ihrer Pole seitwärts (wir wollen [an]nehmen von unten nach oben) vorbey, dann findet [Anzie]hung zwischen der Magnetnadel und dem Strom S[tatt.] 2) Der Strom fliesset seitwärts zwischen einem Pole [und] dem äussersten Ende der Magnetnadel in die Höhe, [so] ist Abstossung zwischen dem Strom und dem nächsten P[ole] der Magnetnadel. 3) Der Strom fliesset in der Richt[ung] der Magnetnadel vor einem Pole in die Höhe, so [...]

vor ihm liegende Nordpol linker Hand d. i. östlich, vor ihm liegende Südpol rechter Hand d. i. ebenfalls ich abgestossen.

Blos der Fall No. 3 ist unter dem vornen aufge- lten Gesetz begriffen. Denkt man sich den Strom von ten nach oben gerichtet, so kehren sich auch die 1—3 chriebnen Erscheinungen um. Noch wollen wir uns be- rken, daß die mittlere Kraft, womit ein galvanisch elek- ischer Strom auf den Pol einer Magnetnadel wirkt, dem bstande des Poles von dem Strome verkehret proportio- il ist. Ist der elektrische Strom stark genug, oder die chtende Kraft der Magnetnadel schwach, so stellet sich ieselbe perpendicular auf die Richtung des elektrischen Stroms.

Die eben erwähnten Erscheinungen sind größtentheils von Oersted beobachtet worden. Die übrigen noch zu erwähnenden erdankt man dem regen Eifer vieler andern Naturforscher, Oersteds interessante Entdeckung zu verfolgen und zu erweitern. Da es uns hier nicht um eine geschichtliche, sondern um eine kurze Darstellung der Hauptgesetze des Elektromagnetismus zu thun ist, so verweisen wir in ersterer Hinsicht auf folgende Schriften: Der Elektromagnetismus eine historisch-kritische Darstellung der bisherigen Entdeckungen auf dem Gebiete derselben u. s. w. von Dr. C. H. Pfaff 1824, sodann Gilbert's Annalen von 1820 an, und Poggendorfs Annalen als deren Fortsetzung.

Zur Erläuterung der angeführten Gesetze durch Versuche reicht folgender einfache Apparat, größtentheils nach Gilbert's Angabe construiret, aus. Ein kupferner Kasten 6—8 Zoll breit und hoch, etwa ½ Zoll weit, ist mit einem unter rechten Winkeln doppelt gebognen Kupferstreifen a b c d leitend verbunden; der Kupferstreifen muß eine Länge a b = c d von 6 Zollen, eine Höhe c b von 3 Zollen, und eine Breite, die der Länge der bey k′ und k″ aufgestellten Magnetnadeln entspricht, haben. Der Kupferstreifen kann an den Kasten angelöthet, oder besser in ein paar wohlschliessende Falzen bey a eingeschoben werden. Das obere Ende des Streifens d federt sich so

[illegible]

Der andere Theil [illegible] kann [illegible] jeder Stelle der horizontalen [illegible] werden. Auch in der vorangeführten Schrift von [illegible] man einen bequemen Apparat zur Anstellung der elektro[illegible]tischen Versuche.

Verstärkung eines schwachen elektrom[illegible]tischen Stroms durch wiederholte Wi[illegible]gen desselben. Schweiggers Multiplica[illegible]

§. 320.

Wenn ein galvanisch elektrischer Strom so schwach [illegible] daß er keine bemerkbare Wirkung auf eine Magnetn[illegible] ausüben würde, so kann man dieselbe bedeutend verstär[illegible] wenn man den Strom nöthiget in parallelen Richtung[illegible] nach einer Gegend hin bey der Magnetnadel vorüber [illegible] fliessen. Dieß geschieht am bequemsten nach Schweigger a[illegible] [illegible]nde Weise.

Man winde einen mit Seide übersponnenen Clavier- um einen wenigstens einige Zolle im Durchmesser iden Cylinder dicht neben oder über einander 20 bis nahl herum, und befestige ihn in dieser Lage. Statt Cylinders kann man zu manchen Versuchen vortheil- er einen prismatischen Körper mit ebenen Oberflächen len, um welchen man den Drath auf gleiche Weise, Fig. 239 zeiget, herumwindet. Nur muß die Dicke Körpers jederzeit so groß gewählet werden, daß die ern in entgegengesetzter Richtung laufenden Windungen weit von den obern entfernt liegen, daß sie nicht stö- id einwirken können. Bringt man einen solchen Multi- icator dicht unter eine Magnetnadel NS und läßet z. B. n Strom von a nach b u. s. w. nach xy gehen, so ird der Nordpol der Nadel östlich abgelenkt werden. Hierbey unterstützen sich die Wirkungen der nach einer Richtung gehenden Ströme ab, cd, ef wechselseitig. Doch darf man nicht erwarten, daß die Vermehrung der Kraft genau der Anzahl der einzelnen parallelen Ströme proportional sey; theils weil mit der Verlängerung des Drathes seine Leitungsfähigkeit vermindert wird, theils weil die entfernter von der Magnetnadel liegenden Ströme schwächer wirken. Die Wirkung auf die Magnetnadel muß natürlich desto stärker ausfallen, je empfindlicher diese selbst ist, und je schwächer ihre richtende Kraft dem Einflusse des elektrischen Stromes entgegenwirkt. Dieß kann man hervorbringen, wenn man dem elektrischen Strom eine astatische Magnetnadel darbietet, oder wenn man die richtende Kraft des Erdmagnetismus durch Annäherung des Poles eines Magneten zum gleichnamigen der Nadel fast auf o reduciret.

So hat uns die Magnetnadel verbunden mit dem

Multiplicator ein Mittel dargeboten, die kleinsten galvanisch-elektrischer Ströme zu entdecken. Sch- kenswerth ist es, daß uns dieses Mittel gänzlich wenn von einem durch Reibung erzeugten elektrisch- me die Rede ist, sey er schwach oder stark, da jetzt nicht die mindeste Wirkung eines solchen Stromes auf die Magnetnadel wahrgenommen hat. saget daher die Reibungselektricität könne wegen ihrer großen Spannung nicht magnetisch wirken. Es ist keine Erklärung, sondern nur ein anderer Ausdr- Phänomens.

Der galvanisch-elektrische Strom ist selbst Magnet, oder wirkt als ein solcher.

§. 321.

Da alles was von einem Magnet gezogen wird weder selbst magnetisch ist, oder durch den Einfluß ziehenden Magneten es wird, so war zu vermuthen, der galvanische Strom sich wie ein Magnet verhalten welches sich durch die Erfahrung bestättiget hat. Ein der sprechendsten Beweise dafür sind folgende.

1) Man lasse einen hinlänglich starken elektrischen Strom (der Strom muß so stark seyn, um einige dünnen Platinadrath zum Glühen zu bringen) durch metallischen Leiter fliessen, wir wollen annehmen in Richtung A B. Nähert man dem Leiter in diesem Zustand Eisenfeile, so werden dieselben angezogen und ordnen sich rund um den Leiter in kleine Büschel oder Nadeln, deren verlängerte Richtungen perpendicular auf der Axe des Leiters A B stehen. Die um einen Durchmesser einander gegenüber liegende Büschel Eisenfeile sind entgegengesetzt

nd zwar die linker Hand des Stromes A B liegenden
ren von dem Strome abgewendeten Enden nordpolar,
chter Hand liegenden südpolar. (Diese Namen in dem von
bisher gebrauchten Sinne genommen.)
So wie der elektrische Strom den Leiter nicht mehr
fliesset, höret auch seine magnetische Kraft auf.
Beschaffenheit des Metalles hat auf seinen magnetischen
und keinen Einfluß, wenn es gleich gut leitend ist. Unvoll-
mene Leiter der zweiten Art zeigen keinen Magnetismus
n sie von einem elektrischen Strome durchflossen werden.

2) Man streiche eine unmagnetische Stahlnadel quer
: einem von einem galvanischen Strome durchflossenen
allischen Leiter von der Linken zur Rechten (das Gesicht
mabwärts gerichtet), so wird das zuletzt abgezogne Ende
Nadel bleibend magnetisch nordpolar, streicht man in
entgegengesetzten Richtung, so wird dasselbe Ende der
del südpolar.

3) Man lasse durch einen schraubenförmig gewundnen
t Seide übersponnenen Drath Fig. 221, in welchen man
ne Stahlnadel NS gesteckt hat, einen starken galvanischen
trom von a nach y fliessen, so daß die über der Nadel
egenden Windungen von der Rechten zur Linken, die un-
r der Nadel liegenden von der Linken zur Rechten durch-
ossen werden; dann wird die Nadel magnetisch werden,
nd zwar das linker Hand der Schraube liegende Ende ei-
en Nordpol N, das rechter Hand liegende S einen Süd-
ol erhalten. Hier wirkt der galvanische Strom wie der
verstärkte elektrische Funke (§. 299).

4) Der galvanische Strom wird durch die magneti-
sche Kraft der Erde, und von anderen Magneten gezogen.
Man hänge einen verticalen kreißförmig gekrümmten Leiter
AB so auf, daß er sich um eine verticale Axe frei drehen

Strome, und zugleich von einem galvanischen Strom Richtung von A nach B durchflossen werde; so wird sich durch die magnetische Kraft der Erde daß er auf dem magnetischen Meridian senkrecht die linke Seite des ihn durchfließenden Stroms den gewendet ist. Diesen Versuch stellte Ampere Erfolg an.

Eine der einfachsten Arten den Einfluß des Er mus auf den elektrischen Strom zu zeigen, ist der verbesserte de la Rive'sche Apparat Fig. 240. Man den mit Seide übersponnenen Claviertrath nach einer von N nach S zu um einen etliche Linien im haltenden Glascylinder, an den beiden Enden N gegen 50 mahl neben und über einander, in der a nach b zu, weitläufig. Nachdem man die Wind lendet hat, kann man den Glascylinder herausziehen Gewinde an einem möglichst leichten Stäbchen NS Seide befestigen. Von der Mitte des Stäbchens silberner Fingerhut A an einem Seidenfaden herab, denselben stellt man einen unten mit Löschpapier Zinkstreifen. Das eine von Seide entblößete Ende thes kehret man zu dem Silbergefäß A, und setzet es in gehörige leitende Verbindung, eben so versichert m dem andern von S kommenden Ende des Drathes hung auf den Zinkdrath. Den ganzen so zugerichteten rat hänget man zuerst an einem stärkern Seidenfaden und diesen wieder an einem längern ungedrehten Faden auf, damit der Schwerpunct des Ganzen in die Richtung ec fälle. Gießet man nun in das silberne etwas verdünnten Salpeter, oder Salzsäure, so entst elektrisch galvanischer Strom, ausgehend von A und den dungen der Schraube von N nach S folgend nach dem Ist nun die Schraube, wie wir annehmen wollen, nach S links (d. i. eben von der Rechten zur Linken) den, so wird N ein Nordpol, S ein Südpol, so lange elektrische Strom dauert, und die Linie SN wird sich die richtende Kraft der Erde von Süden nach drehen. Ueberhaupt wird sich die Schraube, so lange von dem elektrischen Strome durchflossen ist, wie eine schwebende horizontale Magnetadel verhalten. Er wird

n dem Nordpol eines Magneten abgestossen, dagegen von Südpole gezogen werden.

:ißende Bewegung eines Magneten um n elektrischen Strom und dieses um jenen.

§. 322.

Faraday hat uns mit der merkwürdigen Erscheinung :r kreisförmigen Bewegung eines elektrischen Strom's den Magneten, so wie dieses um jenen bekannt gemacht. e einfachste Art diese Bewegung hervorzubringen, erläutert z. 241. AB ist eine Glasröhre etwa 3 Zoll lang, ¾ ›ll weit, unten bey A mit dem Korkstöpsel verschlossen, odurch der Nordpol eines Magnetstabes von cylindrischer estalt dc gesteckt wird. Statt dessen kann man auch ei- :n Stab von weichem Eisen wählen, unter welchen man :n Nordpol eines hinlänglich starken Magneten hält, m durch Vertheilung in dem Eisen bey c einen ähn- ichen Pol hervorzubringen. Der untere Theil der Glas- öhre wird bis hh mit sehr reinem Quecksilber gefüllt, ıicht weiter als damit der Magnet bey c einige Linien iber die Oberfläche des Quecksilbers hervorrage. Oben bey B wird die Glasröhre mit einer metallenen Fassung geschlossen, in deren Mitte bey a sich ein Häkchen befindet, von welchem ein Platinadrath ab frei beweglich herabhängt, und sich mit dem Ende b ein wenig unter die Oberfläche des Quecksilbers eintaucht. Lässet man nun einen elektrischen Strom von fd durch den Magneten zum Quecksilber und von diesem durch den Platinadrath ba aufwärts gehen, so wird sich dieser in eine drehende Bewegung um den Magnetstab versetzen, Kreiße beschreibend, deren vor dem Magneten liegende Hälften von der Linken zur Rech-

[illegible]

[illegible] Magneten [illegible], in [illegible] eine [illegible] Vorrichtung [illegible].

Man denke sich den Magneten [illegible] Ende [illegible] durch einen [illegible] befestigt [illegible], [illegible] dagegen den von dem Strom durchlaufenen [illegible] so wird [illegible] der Magnet um den Leiter und [illegible] Spitzen umherkreisen. Ampere hat diese Versuche wiederholet, und auf mancherlei Weise [illegible], wodurch er zeigte, daß man statt des Magneten einen elektrischen Strom setzen, und somit einen Strom um einen andern in kreißförmige Bewegung bringen könne.

Der Kürze wegen erwähnen wir hier einen [illegible] Davy angestellten Versuch, worin durch den galvanischen [illegible] verbunden mit einem Magneten kreißförmige Bewegung [illegible] Quecksilber hervorgebracht werden. Man denke sich ein [illegible] förmiges Gefäß, durch dessen Boden parallel in einiger [illegible] fernung neben einander zwei in Spitzen sich endigende [illegible] dräthe gesteckt sind (damit die Dräthe von dem Queck[illegible] nicht angegriffen werden, überzieht man sie bis auf die [illegible] mit Wachs.) Jetzt giesse man in die Schaale so viel [illegible] Quecksilber, daß die Kupferdräthe davon einige Linien be[illegible] deckt werden, und entlade eine sehr kräftige galvanische [illegible] von einer Spitze zur andern. Das Quecksilber erhebt sich [illegible] gelförmig über beiden Kupferdräthen, und es scheinen [illegible] von der Spitze jedes Kegels nach allen Richtungen zu [illegible] Nähert man einem der Kegel den Pol eines Magneten, [illegible] nimmt die Wellenbewegung ab, der Kegel [illegible]

blich bey stärkerer Annäherung des Magneten in eine nig rotirende Vertiefung über. Diese Versuche sind m jüngern Herschel fortgesetzt worden. Er fand daß ich durch die Entladung einer minder starken galvanischen ie zwar keine kegelförmige Erhebung oder Vertiefung ch eine rotirende Bewegung in der Oberfläche des Queck- hervorbringen könne, wenn man dieselbe einige Linien nit Schwefelsäure übergießet, und die entladenden Pla- athe blos in die Säure taucht. Nimmt man statt der ein Alkali, so bleibt das Quecksilber in Ruhe. Setzt dem Quecksilber ein elektropositives Metall, Kalium oder zu, so geht der die rotirende Bewegung erzeugende Strom in entgegengesetzter Richtung von der positiven zur nega- Seite.

---

ziehung der galvanischen Ströme unter einander.

§. 323.

Wenn zwei galvanische Ströme AB, ab parallel ne- i einander oder auch unter einem Winkel gegen einander neiget nach einerlei Richtung fliessen, so ziehen sie einan- r an; fliessen sie nach entgegengesetzter Richtung, so stos- n sie einander ab und suchen sich, wenn die Ströme ei drehbar sind, in die parallelle nach einer Richtung ge- ende Lage zu versetzen. Machen beide Ströme einen Win- el mit einander, so haben sie dieselbe Richtung (oder wer- en so genommen), wenn sie beide nach dem Scheitel des Winkels zu, oder beide davon abfliessen. Die Ströme haben aber eine entgegengesetzte Richtung, wenn der eine dem Scheitel zu, der andere davon abfliesset.

Die vorstehenden Sätze sind von Ampere durch Ver- suche nachgewiesen worden, und sie sind um so wichtiger, weil Ampere von ihnen, als einfachen Erscheinungen oder

[illegible] eine Hypothese zur [illegible] magnetischen Erscheinungen überhaupt [illegible] näher kennen lernen wollen.

Der nachbeschriebene ebenfalls von [illegible]: [illegible] der weiter hierher gehörigen Versuche.

Durch einen [illegible] Faden DE Fig. [illegible] wird an die Oeffnung eines Triches oder [illegible] gleich zwei wie Kammzähne gebogne Leiter, ZX [illegible] Leiter [illegible] in einer senkrechten Richtung über [illegible] die Axe des [illegible] Leiters [illegible] Spitze k und a. In der obern Schaale [illegible] einer [illegible] Spitze der bewegliche Leiter, welcher [illegible] der Buchstaben abcdefghik gebogen [illegible] k eine zweite Spitze hat, die aber nicht auf ihrem [illegible], sondern in deren Mitte frei schwebt. bf, ei [illegible] Stäbchen, um die einzelnen Theile des [illegible] fest zu halten. In die Schaalen [illegible] und k, so wie bey Z, K wird etwas Quecksilber [illegible] aber hinlänglich [illegible] Elektrometer, und K mit der Kupferseite, [illegible] derselben verbunden (bey einer volt. Säule [illegible] die Verbindung gerade umgekehret seyn), so wird der [illegible] Strom durch KLNabcdefghik gehen und [illegible] bewegliche Leiter wird nicht unter dem Einflusse des [illegible] tismus stehen, weil dessen entgegengesetzt gerichtete [illegible] und horizontale Stromestheile sich diesem Einfluss [illegible] entziehen. Lasset man nun durch einen festen Leiter [illegible] nen elektrischen Strom von A nach B fliessen, so werden die Theile be, eb, de des beweglichen Leiters von ihm an[illegible] werden, weil sie nach einer Gegend gerichtete Ströme AB enthalten. Der bewegliche Leiter wird also, wenn man ihm eine andere Stellung giebt, von selbst wieder in die in der Figur angedeutete zurückkehren. Lässet man dagegen den elektrischen Leiter von B nach A fliessen, so stösset er den beweglichen Leiter ab.

...es Theorie der magnetischen Erschei... durch galvanisch-elektrische Ströme erzeuget.

§. 324.

...chdem Ampere den Satz: daß sich nach einer Rich... ...essende galvanische Ströme anziehen, nach entgegen... ...i Richtungen fliessende abstossen, auf mannigfache ...geprüfet und bewähret hatte, so machte er ihn zur ...lage einer Erklärungsweise der elektromagnetischen, ... der magnetischen Erscheinungen überhaupt. ...enken wir uns die Axe eines in dem Meridian lie... ...t Magneten von Pol zu Pol gezogen, auf diese Linie ...Reihe unter sich parallele auf die Axe senkrechte von ... nach Westen streichende Ebenen gestellet, und in jeder ... Ebnen, um jedes mit der Axe parallel liegende Atom einen ...isch galvanischen Strom kreißend, oben von Westen nach ...n, unten von Osten nach Westen gerichtet: so erhalten ... die Vorstellung, welche sich Ampere von einem Magneten ...ht. Alle Ströme, welche in eine auf der Axe senkrecht ...ende Ebene fallen, gelten oder wirken zusammengenom...n wie ein einziger größerer Strom, welcher die Axe des ...agneten in gleicher Richtung senkrecht umkreißte. Auch ...ng Ampere anfänglich von der einfacheren Voraussetzung ...ößerer die Axe des Magneten senkrecht umkreißender ...tröme aus. Mehrere Thatsachen, welche man dieser ...heorie entgegenstellte; vorzüglich, daß jeder einzelne Theil ...ines größern Magneten wieder einen besondern Magneten darstellet, und daß die Pole der Magnete nicht an die Enden der Axe, sondern etwas zurück fallen, bewogen A. die frühere Vorstellung zu verlassen, und Ströme senkrecht um jedes einzelne Atom des Magneten anzunehmen, wobey

denn jenseits der Pole Ströme gedacht werden diesseits liegenden entgegen wirken, und beide als Mittelpuncte der Anziehung betrachtet, ...

Wir werden uns bey den folgenden Erklär... Kürze wegen, an die Vorstellung von größern ... Magneten senkrecht umkreißenden Strömen halten.

Der Ritter Nobili hat in einer im Jahr 182... Jena erschienenen Schrift über den Magnetismus ... vorgetragen, die eine neue Modification der frühern ... ist. Er nimmt ausser den auf der Axe des Magneten ... ten noch secundaire Wirbel an, welche auf Linien ... hen sollen, wie sie die Eisenfeile rund um den ... Magneten bilden.

§. 325.

Denken wir uns zwei Magneten mit ihren ... schaftlichen Polen gegen einander gekehret, so ... sich nach dem Amperschen Princip anziehen, weil ihre ... trischen Ströme nach einer Gegend gerichtet sind. ... man den einen Magneten um, so stossen sich die ... lichen Pole ab, weil nun die Richtung der Ströme in ... den Magneten eine entgegengesetzte Lage haben. Um ... Richtung des Magneten in Beziehung auf Abweichung ... Neigung, d. i. den Erdmagnetismus, zu erklären, ... Ampere an: es umfliessen den Erdkörper in der Rich... des magnetischen Aequators und parallel mit dem..., also senkrecht auf die magnetische Erdaxe, ähnliche ... sche Ströme dermaaßen, daß die an der Oberfläche ... Erde liegenden Theile dieser Ströme von Osten nach W... gerichtet sind. Eine nach jeder Richtung frei bew... Magnetnadel wird sich so stellen, daß der untere Theil ... rer Ströme ebenfalls von Osten nach Westen und den Erd...

en parallel liegen, daher wird ihre Axe orientiret, der magnetischen Erdaxe parallel seyn.

Ein elektrischer Strom, welcher bey einer Magnetna- vorbeyfliesset, wird ein Bestreben äussern, ihre Ströme r Richtung parallel und homogen zu stellen. Fliesset on S nach N über der Nadel her, so wird der Nord- der Nadel links d. i. westlich ausweichen, weil dann obere Theil ihrer von Westen nach Osten gehenden öme die Richtung von Süden nach Norden erhält. ſſet aber der elektrische Strom von Süden nach Nor- unter der Nadel her, so muß der Nordpol der Nadel ich oder rechts ausweichen, damit ihre unteren westlichen röme die Richtung nach Norden erhalten. Auf ähnliche ise kann man sich die Wirkungen eines elektrischen Stro- s auf die vertical schwebende Magnetnadel erläutern.

Die von Faraday entdeckte Kreißbewegung erkläret sich lgendergestalt.

Es bezeichne B A Fig. 243 einen nach oben gerichteten ektrischen Strom, N den Nordpol eines hinter ihn gestell- n Magneten, dessen gegen den Strom B A gekehrten Ströme haben die Richtung b a. Nun folgt aus dem . 321 angeführten Amperschen Grundsatz, daß die Stroms- heile d c, d a; b d, e d als nach einer Gegend fliessende u betrachten sind, und anziehend wirken. Dagegen sind die Stromstheile d c, b d; und e d, d a als entgegenge- setzte und einander abstossende zu betrachten. Nun geht aber aus der anziehenden Kraft nach c a, und der abstossende nach b c oder c f eine mittlere Kraft c h hervor; die unter b a im Quecksilber liegenden Ströme kommen nicht in Be- trachtung, weil nur der Theil des Leiters A d, als der bewegliche und wirksame anzusehen ist, daher wird derselbe

nach der Richtung $c\,b = b\,a$ auswelchen; die mittlere Richtung dieser Kräfte rund um den Mag... auf ähnliche Weise bestimmt, so muß daraus ein... bewegung hervorgehen.

Diejenigen unsrer Leser, welche sich mit den Ein... der Amperschen Theorie genauer bekannt machen w... weisen wir auf folgende beide Schriften. Darst... neuen Entdeckungen über die Elektricität und Mag... durch Ampere und Babinet, Leipzig bei Voß 1822. ... der dynamischen Elektricität von J. F. Demonferra... zig 1824.

Ein Versuch zur Erläuterung der Amperschen Vo... von dem Erdmagnetismus ist folgender: man bilde eine Terelle von beliebiger Materie, winde um die Aequat... derselben einen mit Seide übersponnenen Claviedrath ... mals so herum, daß der Nordpol der Terelle den fast ... laufenden Windungen rechts liege. Lässet man du... Drathwindungen einen hinlänglich starken elektrischen ... gehen, so wird die nördliche und südliche Hälfte der ... magnetisch polar wie unser Erdkörper, d. i. jene zieh... Nordpol, diese den Südpol einer Magnetnadel. Dies... such rühret von Barlow. Früher stellte ich folgenden an... construirte eine Ringkugel von Uhrfedern, wand um ... einen Clavierdrath wie eben beschrieben, und ließ ... nen elektrischen Funken schlagen, die Ringkugel wurde ... magnetisch und zeigte ähnliche Erscheinungen wie der ... tische Erdkörper.

Obgleich Amperes Theorie ein Mittel darbietet die ... nigfachen magnetischen und elektromagnetischen Erschein... unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunct zusammen zu ... so kann sie doch nur für eine scharfsinnige Hypothese gelten ... lange nicht die Existenz solcher elektrischen Ströme, wie sie ... Ampere um die Magneten und den Erdkörper denkt, durch ... stimmte Erfahrungen nachgewiesen werden kann.

Andere Naturforscher stellen sich den elektrischen Er... nur als eine den Magnetismus erregende Kraft vor, über ... Art wie die Erregung geschehe sind aber die Meinungen ge... let. Wir wollen nur folgendes anführen. Man umwinde ... nen Cylinder mit Stahl oder Eisendrath schraubenförmig ...

daß sich die einzelnen Windungen berühren, und lasse nicht durch die Windungen selbst, sondern darüber hin, lel mit der Axe des Cylinders einen starken elektrischen en schlagen, so wird der Cylinder ein Transversalmagnet, aaßen, daß link's der Linie, welche der elektrische Funke laufen hat, lauter Nordpole, und rechts dieser Linie lauter pole liegen. Stellet man einen solchen Transversalmag- ı so gegen eine Magnetnadel, daß der Weg, welchen der rische Funken durchlaufen hat, die Stelle eines galvanischen om's vertritt, so ist die Wirkung auf die Magnetnadel ge- so, wie von einem galvanischen Strom selbst. Diese Er- nung bleibt sehr merkwürdig, da sie uns lehret, daß ein trischer Strom von großer Spannung, der an sich keine gnetische Wirkungen zeiget, solche zu erregen vermag. Dächte n sich einen vollkommnen Leiter von einem galvanischen rom in lauter parallelen Linien mit der Axe rund um an Oberfläche durchflossen, und zwischen jedem der Parallel- sme entgegengesetzte Magnetismen nach dem Gesetz erzeugt, e sie der vorerwähnte Versuch nachweiset, so würde in dem nfang eines jeden Querschnitts eines solchen Leiters rund n eine in sich selbst wiederkehrende Reihe von Magneten vor- ınden seyn, deren Nordpole in Beziehung auf die Richtung r Ströme alle link's lägen. Nach dieser Vorstellung wird die nziehung gleichartig fliessender Ströme auf das Gesetz der Anzie- ung der freundschaftlichen Pole zurückgeführet. Auch erkläret sich us derselben die Wirkung der galvanischen Ströme auf die Magnet- ıadel, so wie die von Faraday entdeckte kreißende Bewegung; weit chwerer aber die Richtung der galvanischen Ströme nach der mag- ıetischen Weltgegend, so wie der Umstand, daß in jedem Quer- durchmesser eines von einem galvanischen Strom durchflossenen Leiters die entgegengesetzten Enden entgegengesetzte Polaritäten, und zwar die linker Hand liegenden stets die Nordpolarität ha- ben. Man würde auch diese Erscheinung nach der gegebenen Vorstellungsweise erklären können, wenn man annehmen wollte, daß die einen vollkommnen Leiter durchfliessenden elektrischen Ströme, dermaaßen unter dem Einfluß des Erdmagnetismus ständen, daß die wirksameren Ströme in einem mit der magne- tischen Erdachse parallellen Durchschnitt des Leiters nach oben hinlägen. Es bezeichne z. B. C Fig. 245 den Querschnitt eines horizontalen Leiters, welcher abwärts von einem elektrischen Strome durchflossen werde, AB sey derjenige Durchmesser desselben, welcher der magnetischen Erdachse parallel liege, so

[illegible]

Thermomagnetismus, Thermoelektricität.

§. 336.

Schon bisher wußte man, daß einige Mine[illegible] [illegible] die zum Turmalingeschlecht gehörigen [illegible] Erwärmung elektrisch werden, und dieselbe Eigenschaft [illegible] durch Haüy's und Brewster's Beobachtungen [illegible] [illegible] natürlichen und durch die Kunst erzeugten Kr[illegible] entdeckt. Auch war es bekannt, daß Temperatur[illegible] derung einen Einfluß auf die mit magnetischer Kraft [illegible] [illegible] Körper äussere, (nach den neuesten Erfahrun[illegible] gen wirken die Temperaturerhöhungen schwächend) [illegible] [illegible] auch schon aus den täglichen Schwankungen [illegible] Magnetnadel abgeleitet werden konnte, welche Morgens [illegible] 7 und 8 Uhr östlich, nach Mittags zwischen 1 und [illegible] [illegible] westlich sind. Diejenigen Erscheinungen aber, [illegible]

c jetzt unter den thermomagnetischen oder thermoelek-
n begreifen, sind erst im Jahr 1821 von Seebeck in
i entdeckt worden. Dieser Naturforscher fand, daß
zwei Metalle durch doppelte Berührung einen Ring
in sich geschlossene Kette bilden, und man erwärmt
der Stellen wo sich die Metalle berühren, indessen der
e Berührungsort, und die übrigen Theile der Me-
kalt erhalten werden, so wirken die Metalle nun eben
lenkend auf eine Magnetnadel, als ob sie von einem
anischen Strom durchflossen wären. Daß die hier er-
te magnetische Wirkung nicht von der Berührung der
alle, sondern von dem Unterschied der Temperaturen
ängig sey, erhellet daraus, 1) weil alle Wirkung weg-
et, wenn man die entgegengesetzten Berührungspuncte
Metalle zu gleicher Zeit gleich stark erhitzt oder erkäl-
, 2) weil die Wirkung mit den Temperaturunterschieden
und zunimmt, 3) weil nicht einmahl die Berührung
eier Metalle erforderlich ist, sondern schon ähnliche (ob-
ohl schwächere) Wirkungen auf die Magnetnadel hervor-
hen, wenn man die Temperatur an dem einen Ende des-
lben Metalles bedeutend erhöhet und an dem andern er-
edriget. Endlich weil die Ordnung der Metalle in Hin-
cht der Stärke des zu erregenden Thermomagnetismus
einesweges dieselbe ist, als in Beziehung auf die Erregung
er galvanischen Elektricität.

§. 327.

Um die vorzüglichsten der Versuche darzustellen, welche Seebeck in seiner Schrift „über die magnetische Polarisation der Metalle Berlin 1825" angegeben hat, reicht folgender einfache Apparat aus.

a b Fig. 244 ist ein 8 — 12 Zoll langer und einige

Linien dicker Stab von Wißmuth oder Antimon, an d[…]
Enden an einen Kupferdrath k, k, k gelöthet. [...]
man recht starke Wirkungen erhalten, so setze man [...]
Stab a b, zur Hälfte aus Antimon und Wißmuth zu[sam-]
men. Wir wollen vorerst annehmen, der Stab ab [...]
aus Wißmuth, und sey in den magnetischen Meridian [...]
dem Ende b nach Norden gestellet, ferner wollen wir [...]
eine horizontal schwebende Magnetnadel an innerh[...]
Metallbogens denken. Erwärmt man nun die Stelle [...]
weicht der Nordpol der Magnetnadel östlich aus. [...]
hingegen a b Antimon, so würde der Nordpol westl[ich aus-]
weichen. Alles kehret sich um, wenn man nicht b, [...]
a erhitzt.

Diejenigen Metalle, welche unter der ersten Bedin[gung]
östliche Ausweichung geben, nennt Seebeck kurzhin [...]
Metalle.

Die Ordnung der bekanntern Metalle in dieser [...]
ist nach Seebeck: Wismuth, Nickel, Kobalt, Pla[tin,]
Kupfer, Gold, Silber, Zink, Stahl, Eisen, Ar[...]
Antimon, Tellur; dergestalt, daß jedes Metall mit [...]
der vorhergehenden, wie Kupfer mit Wismuth, verb[unden]
durch Erwärmung am Ende b eine östliche Ablenkung [...]
dagegen mit jedem nachstehenden verbunden eine we[stliche]
Ablenkung. Denkt man sich durch die Temperaturu[nter-]
schiede einen elektrischen Strom erregt, so muß ma[n bey]
den östlichen Ablenkungen den Strom von b durch k [...]
a fliessend denken, dagegen bey den westlichen Ablenk[ungen]
gerade in umgekehrter Richtung. Da Kupfer, Silber [...]
Zink in der thermoelektrischen Reihe einander sehr nah[e ste-]
hen, so sieht man, daß diese Ordnung von der Reihe [der]
galvanisch voltaischen Erreger sehr verschieden.

Wie der Entdecker dieser Erscheinungen dieselben aus ei- durch die Temperaturdifferenz theils in den Metallen, s in einer sie umgebenden Atmosphäre erregten Transver- agnetismus zu erklären sucht, müssen wir unsern Lesern in angeführten Schrift selbst nachzusehen überlassen, und wol- nur bemerken, daß man den Nordpol der thermomagneti- 1 Kette sich nach derselben Seite gerichtet denken muß, wo- der Nordpol der Magnetnadel ausweicht.

§. 328.

Je weiter die beiden zu einem Metallring verbundnen :talle in der angeführten Reihe auseinander liegen, desto rker ist in der Regel (es finden Ausnahmen statt) ihre rmomagnetische Wirkung. Vermischungen der Metalle t einander verändern ihre Stellung in der thermomag- tischen Reihe. Man kann auch statt zweigliedrige drei - d mehrgliedrige Ketten bauen, und die Richtung der ole, oder die Ausweichung der Magnetnadel, bestimmt h dann ebenso, wie bey zweigliedrigen Ketten, nach r Ordnung der Metalle. Z. B. Es bestehe die Kette g. 244 aus Antimon, Wismuth und Kupfer, und man hitzt die Stelle c wo sich Antimon und Wismuth berüh- n, so weicht der Nordpol der Magnetnadel westlich aus. ben das würde erfolgt seyn, wenn in der Kette der Wis- iuth gefehlet und das Kupfer c das Antimon berührt hätte, oder wenn das Antimon gefehlet hätte, übrigens ber die Stelle c stets erwärmt worden wäre. Eben so veicht die Magnetnadel östlich aus, wenn man a allein, oder a und b zugleich erwärmt, weil bey der zweigliedri- gen Kette aus Kupfer und Antimon oder aus Kupfer und Wismuth dasselbe erfolgt seyn würde, wenn man im ersten Falle a, im andern b erwärmt hätte.

Da die thermomagnetische Reihe der Metalle mit der gal-

vanischelektrischen nicht immer zusammenstimmen, so
nach der Vorstellung von den elektrischen Strömen
cirkulirenden Identität dieser Ströme mit dem Magne-
nehmen, daß in den Fällen, wo die elektrische
sche Reihe der Metalle verschieden ist, durch die
Temperatur eine Schwächung und Umkehrung des
Verhaltens hervorgebracht werde, so wie in den
beiderlei Ordnungen zusammentreffen, durch die Er-
höhung eine Verstärkung der elektrischen Wirkung
den müßte. Z. B. das Kupfer verhält sich in der
Reihe gegen Wismuth als negativ, in der zweiten
momagnetischen Kette gerade umgekehrt, denn hier
Strom von dem heißen Wismuth zum Kupfer; es
die Temperaturerhöhung jene Umkehrung bewirkt habe
stellte Seebeck mehrere Versuche an, ob die Temper-
hung das elektrische Verhalten der Metalle verändere
aber die Resultate keineswegs jener Hypothese ent-
Dieß ist ein gewichtiger Grund gegen die Identität
netismus und Elektricität.

Einen andern glauben wir auch darin zu finden,
bis jetzt durch die stärkste thermomagnetischen Ketten
mindeste chemische Wirkung hat hervorbringen können.
erkläret zwar dieß gewöhnlich aus der äusserst gerin-
nung die ein noch so reichhaltiger thermomagnetischer
besitze; allein es ist so eine Sache das Verhanden-
die Abwesenheit der chemischen Actionen aus einer
Spannung zu erklären, worunter man sich nichts als
chanisch wirkende Kraft denken kann, um so mehr
auch hier wieder in einen Widerspruch geräth, indem
bungselektricität eine größere Spannung als die
Kette und voltaische Säule besitzt, deren chemische
weit größer sind.

Die Kürze verbietet hier uns über die Versuche
breiten, welche Seebeck über die Veränderungen des
magnetischen Verhaltens der Metalle durch Vermischungen
ter einander angestellet hat, so wie über die magnetischen
risationen die in Metallscheiben und in Metallkugeln
wärmung erzeugt werden, von denen er eine Anwendung
die Erklärung des Erdmagnetismus macht, welchen er
zeugt denkt, durch die dem Aequator parallel streichenden
talle und Erze führenden Gürtel, die durch die

-me im Innern des Erdkörpers nach bestimmten Gesetzen -netisch polarisiret seyen. Doch können wir die Bemerkung -t unterdrücken, daß bey einem so großen Wechsel der vul-schen Thätigkeit der Erde, wie wir ihn bis jetzt aus der Er-ung kennen, die Regelmäßigkeit in den Erscheinungen Erdmagnetismus schwerlich befriedigend hergeleitet werden -hte.

Cumming in Edinburg hat die thermomagnetischen Ver-e wiederholet, und gezeiget, daß man auch eine rotirende -wegung hervorbringen könne, wenn man ein Rectangel zur -lfte aus Platinadrath, zur Hälfte aus Silberdrath bestehend, -: einer Spitze über dem Pol eines Magneten aufhängt, -) unten an einem der zusammengelötheten Enden erhitzt. -urier und Oersted haben sich mit der Untersuchung der -ärke der thermomagnetischen Wirkungen und ihrer Zunahme -) vielgliedrigen Ketten beschäftiget. Sie fanden, daß bey -ichbleibender Zahl von Abwechslungen der Metalle die Wir-ngen auf die Magnetnadel desto schwächer ausfallen, je länger -: Kette ist, dagegen bey gleichbleibender Länge desto stärker, -größer die Zahl der Abwechslungen ist. Um daher bey einer -elgliedrigen Kette die größte Wirkung zu erhalten, muß man -e einzelnen Verbindungsstellen in abwechselnder Folge erwär-en und erkälten. Dann wächset die Wirkung nahe in einer -ithmetischen Reihe mit der Zahl der Abwechselungen.

-on dem durch eine schnelle Umdrehung erregten Magnetismus.

§. 329.

Arrago legte der Academie der Wissenschaften in Paris -m Jahr 1825 eine Abhandlung vor, worin er zeigte, daß -ie Weiten der Schwingungen einer Magnetnadel vermindert -verden, ohne ihre Dauer zu verändern, wenn man nahe -nter die Magnetnadel eine Kupferplatte, oder jeden an-dern unmagnetischen Körper stellet. Giebt man der Kup-

[illegible] eine sehr schnell [illegible] Bewegung. [illegible] durch die Magnetnadel auf den magnetischen [illegible] [illegible].

Diese merkwürdigen Versuche wurden von [illegible] englischen Physikern, Babbage, Herschel, Christie, [illegible] Marsh bestätigt und erweitert. Die beiden [illegible] nannten Naturforscher brachten einen starken [illegible] unter beweglichen Scheiben von verschiedenen [illegible] und fanden, daß die Scheiben der Drehung des [illegible] folgten. Die Körper, in welchen sie auf die [illegible] des Magnetismus erhielten, waren Kupfer, Zink, [illegible] Blei, Zinn, Antimonium, Quecksilber, Gold [illegible] Kohle in dem [illegible] Zustande, wie sie [illegible] dem [illegible] niederschläget. [illegible] eine dünne kupferne Scheibe von 6 Zoll im [illegible] so schnell umlaufen, daß sie 45 Umdrehungen [illegible] Secunde machte, und setzte darüber eine in [illegible] eingeschlossene 5 Zoll lange Magnetnadel in einer [illegible]nung von einem Zoll über die Scheibe. Die Mag[illegible] wich nach der Richtung der Drehung um 5 Gra[illegible] und lief ganz herum, wenn sie neutralisiret (d. i. de[illegible] fluß der magnetischen Kraft der Erde entzogen) [illegible] oder wenn man die kupferne Scheibe größer nahm.

Bringt man eine eiserne Scheibe zwischen die [illegible]hende Kupferplatte und die Magnetnadel, so fä[illegible] Wirkung weg, wie schon Arrago beobachtet hat. [illegible] schnitte in der kupfernen Scheibe vermindern die Wir[illegible] heben sie aber nicht ganz auf. Zink wirkte schwächer [illegible] Kupfer, Eisen viel stärker als Kupfer.

Eine kupferne Nadel über einer kupfernen Scheibe [illegible] nur zweifelhafte Bewegungen. Ein Hufeisenmagnet an de[illegible]

ke des Zimmers über der sich drehenden kupfernen
)eibe aufgehängt, kam in Umdrehung. Eine kupferne
itte über einer sich drehenden blieb unbeweglich, auch
nn die drehende von Eisen war. Eine kupferne Platte
:r einem sich drehenden Magneten kam in Drehung.
enn eine Platte sich in einer verticalen Ebene drehte,
zeigte jeder Pol der Magnetnadel eine Ablenkung nach
r Richtung der Drehung, wenn die Magnetnadel ausser-
lb der Axe der Drehung gestellet war.

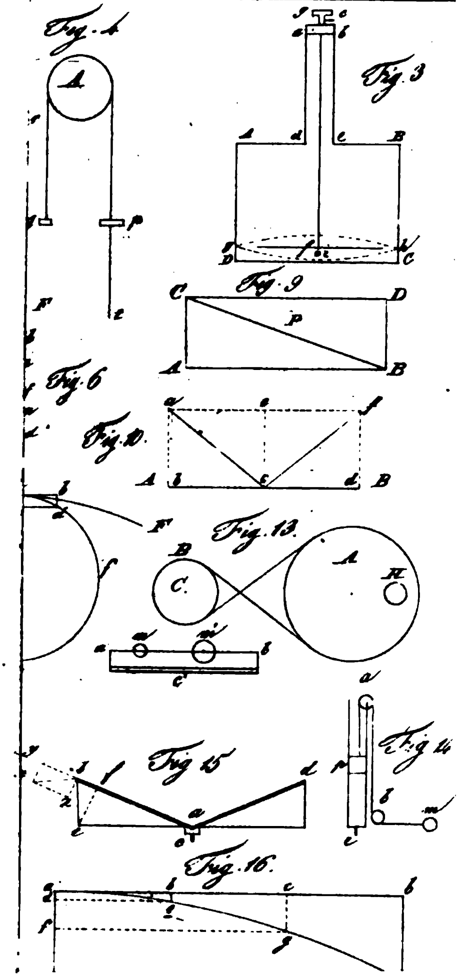
Barlow schliesset aus diesen Versuchen, daß alle Me-
lle eine geringe magnetische Kraft besitzen.

Eigne Versuche über diesen Gegenstand lehrten mich fol-
ndes: Zink- Kupferplatten 4 Zoll im Durchmesser und einen
oll hoch über einander geschichtet, gaben bey einer Umdre-
ungsgeschwindigkeit von 16 — 20 Umläufen in einer Secunde
ne Ablenkung von ein paar Graden an der Magnetnadel,
vurde die Nadel durch einen nahe gestellten Magneten neutra-
siret, so konnten sie wohl zu einem ganzen Umlauf gebracht
)erden. Ein gleiches Resultat gab ein sich drehender Würfel
on Eisen 2 pariser Zoll in der Seite. Durch eiserne Schei-
en konnte kein sicheres Resultat erhalten werden, weil sie
chon von der Umdrehung Spuren von magnetischer Polarisa-
:ion zeigten. Ueberhaupt kann man denjenigen, welche durch
Versuche ausmitteln wollen, ob durch eine schnelle Umdrehung
Magnetismus erzeuget werde, nicht Vorsicht genug empfehlen,
um sich gegen Täuschung zu sichern, damit man nicht eine
durch mechanische Mittheilung erfolgte Bewegung der Nadel
für eine durch den Magnetismus erzeugte halte.

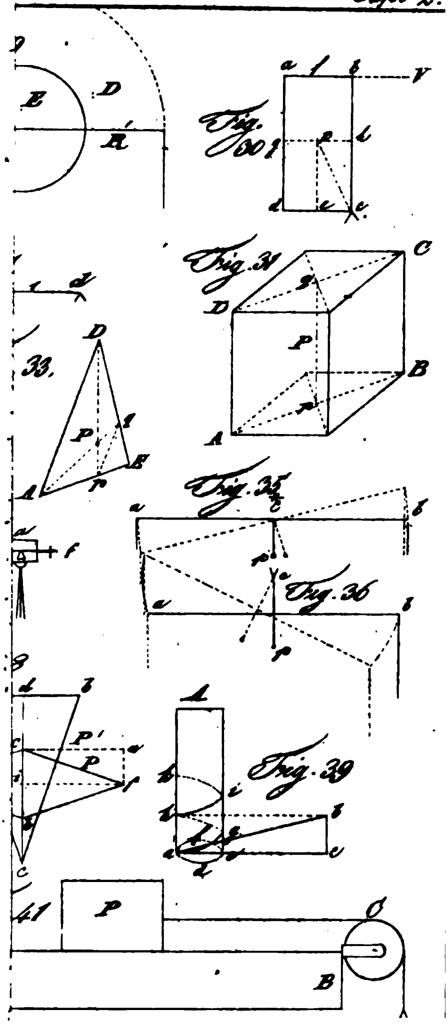
Wir brauchen nicht hinzuzufügen, daß die Erregung des
Magnetismus durch eine schnelle Umdrehung der Amperschen
Hypothese und allen denjenigen günstig ist, welche das Wesen
des Magnetismus in der kreißenden Bewegung einer feinen
Flüssigkeit suchen.

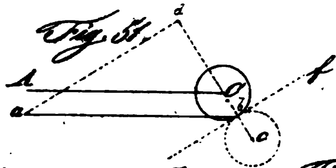
Indessen müssen wir zugleich bemerken, daß die Erschei-
nunz der Vorstellung von einer magnetischen Polarisation star-
rer Körper nicht widerspricht. Wir dürfen uns nur der Er-
klärung erinnern, welche wir §. 316 von der Einwirkung des

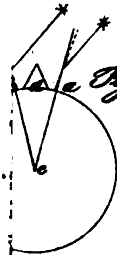
durch die magnetische Kraft der Erde polarisirten weichen Ei-
sens auf die Magnetnadel gegeben haben. Nehmen nun
alle Metalle verhalten sich, nur in schwächerm Grade, wie
das Eisen magnetisch, so übersieht man auch, wie die Lage
der Mittelpuncte der magnetischen Anziehung, welche in sol-
chen Körpern durch die Kraft der Erde erzeuget werden, durch
eine schnelle Umdrehung verändert werden müssen, und daß
die Magnetnadel der Bewegung der magnetischen Pole folgen
müsse; den einzigen Fall ausgenommen, wenn die Axe der Um-
drehung durch die magnetischen Pole selbst geht.

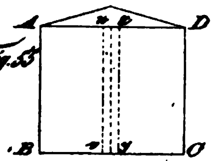

Fig. 4
Fig. 3
Fig. 9
Fig. 6
Fig. 10
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16

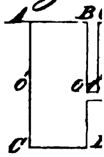
Tafel 2.

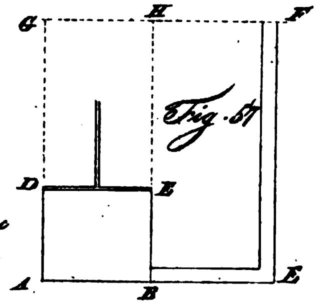


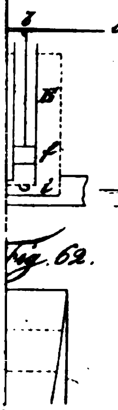

Fig. 51.

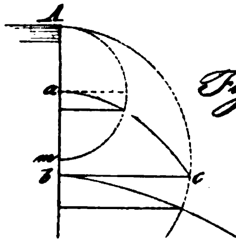

Fig. 53

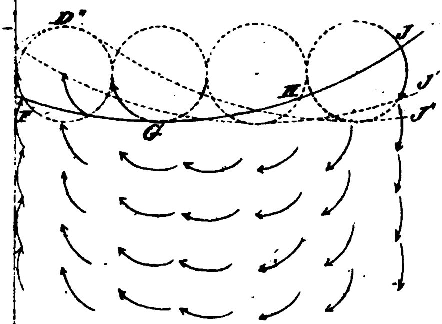



Fig. 56


Fig. 57


Fig. 62.


Fig. 63



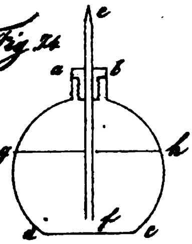


Fig 74.

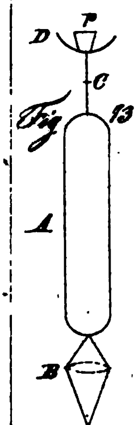


Fig 73

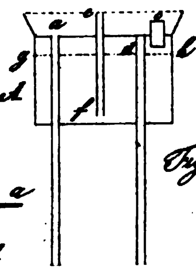


Fig. 75

Fig 87

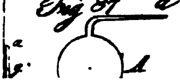
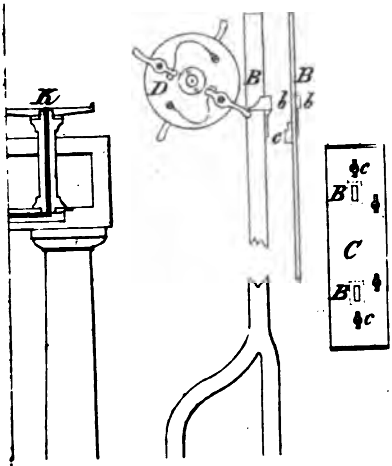


Fig. 80.*



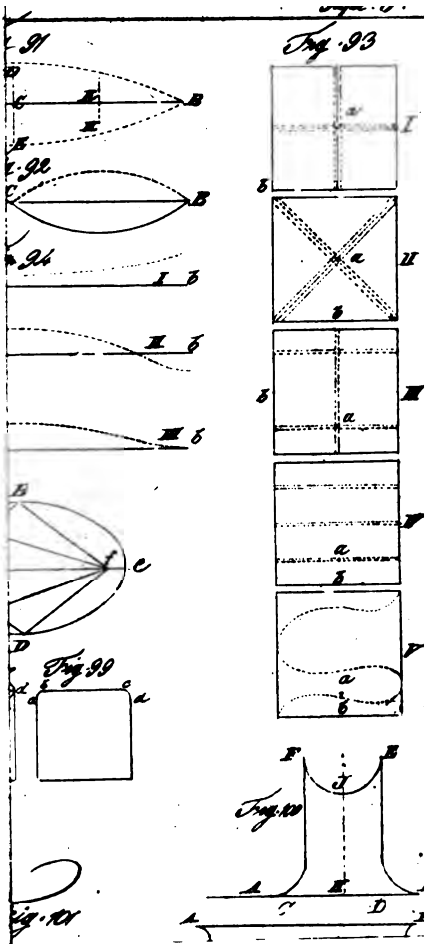

Fig. 93
Fig. 99
Fig. 100
Fig. 101

Fig. 110.

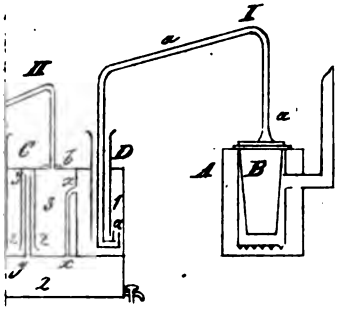
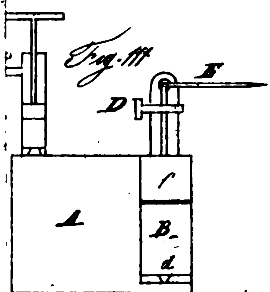
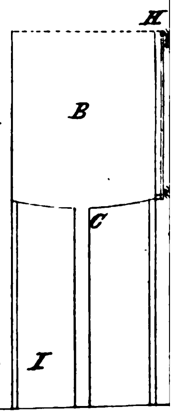
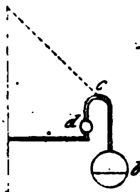


Fig. 111





II Fig. 112



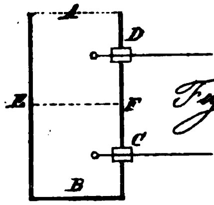


Fig. 121

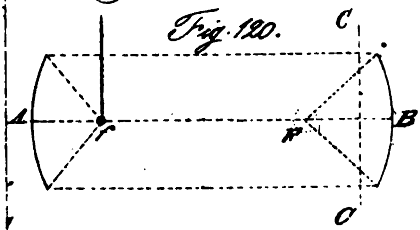


Fig. 120.

Fig. 123

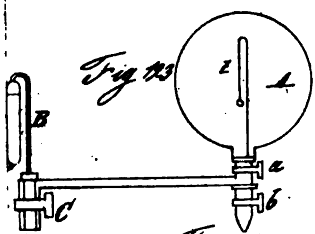
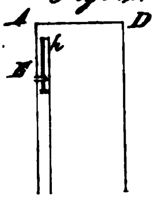
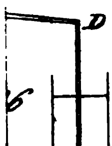


Fig. 124





Tafel 9.

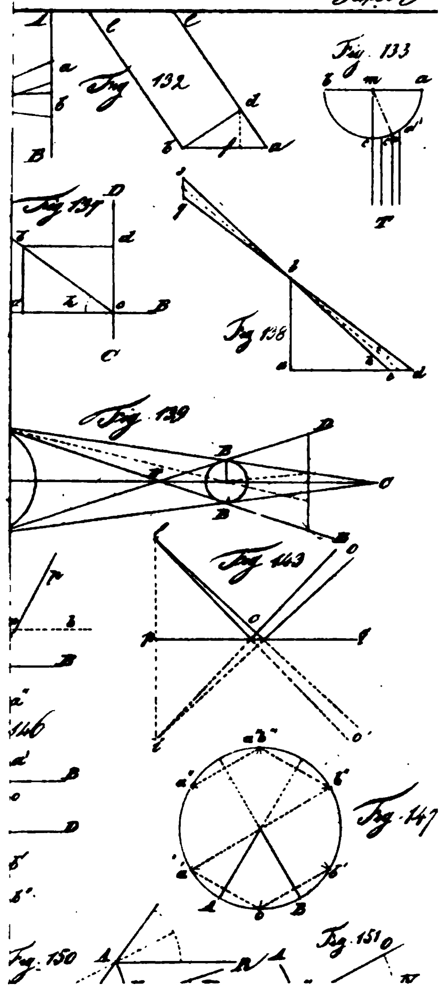
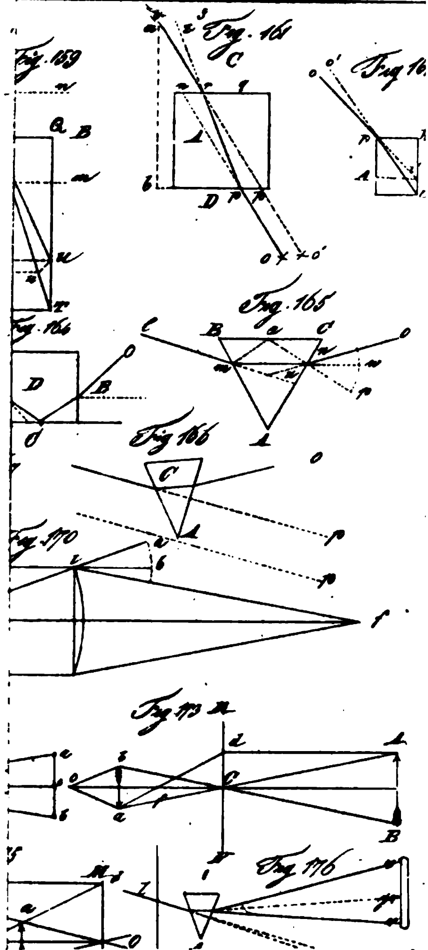
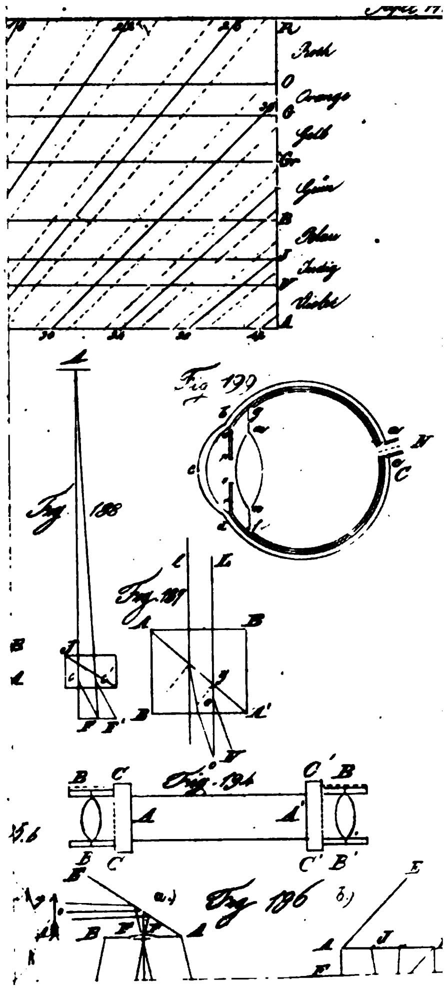


Fig. 132
Fig. 133
Fig. 137
Fig. 138
Fig. 139
Fig. 143
146
Fig. 147
Fig. 150
Fig. 151


Fig. 159
Fig. 161
Fig. 165
Fig. 166
Fig. 170
Fig. 173
Fig. 176


Roth
Orange
Gelb
Grün
Blau
Indig
Violet
Fig 199
Fig 188
Fig 187
Fig 194
Fig 196

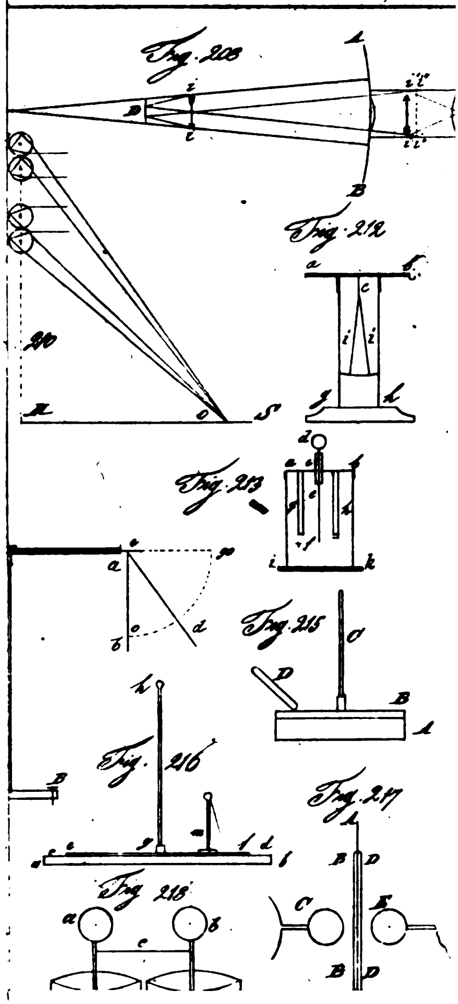

Fig. 208
Fig. 212
Fig. 213
Fig. 215
Fig. 216
Fig. 217
Fig. 218

Fig. 230 Fig. 231

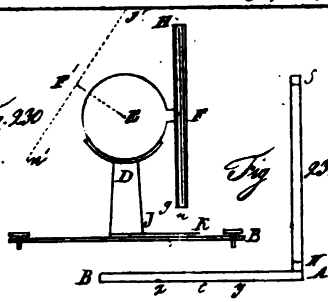


Fig. 235

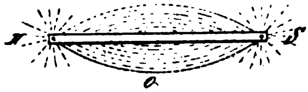


Fig. 238

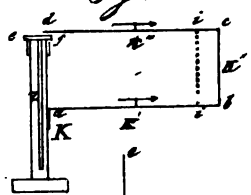


Fig. 240

